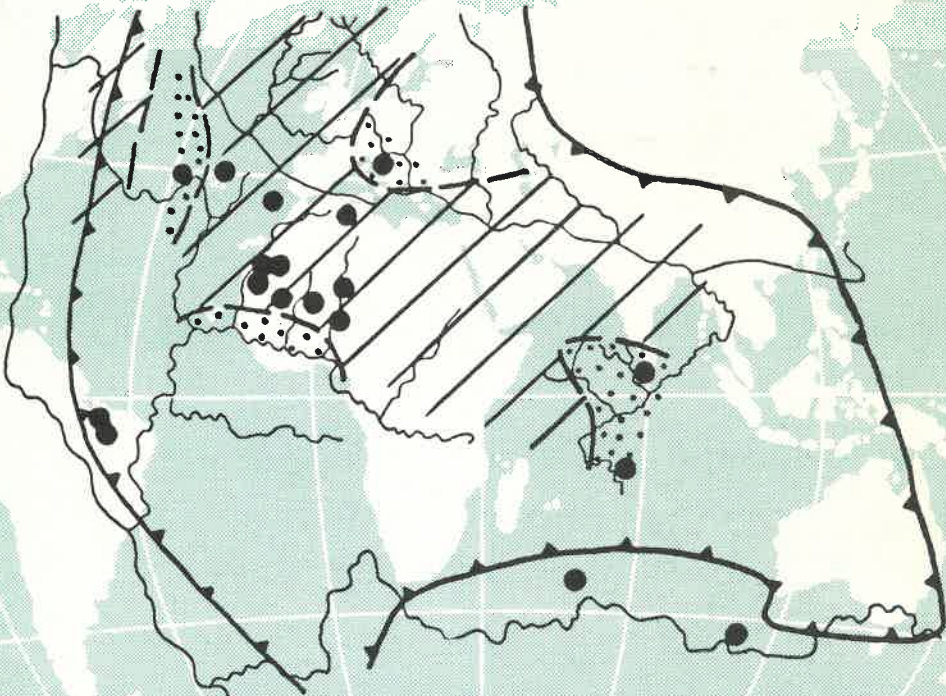


ISSN 0869-7175

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



II-12/1994

УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ЗАЛЕЖИ
В СУЛЬФАТНО-КАРБОНАТНЫХ РАЗРЕЗАХ
УРАНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛДАНА
ОСОБЕННОСТИ КРУПНЫХ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Отечественная ГЕОЛОГИЯ

Ежемесячный научный журнал

Основан в марте 1933 года

Учредители:

Комитет по геологии
и использованию недр РФ
Российское геологическое общество
Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов
Геолбанк

II-12/1994

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А. И. Кривцов

Бюро: Э. К. Буренков, Р. В. Добровольская (зам. главного редактора), А. В. Дурандин, А. Н. Еремеев, А. Н. Золотов, А. Б. Каждан, В. И. Казанский, Н. В. Милетенко, Л. Д. Овчининская (отв. секретарь), Д. А. Родионов, А. Ю. Розанов, Г. В. Ручкин (зам. главного редактора), Е. И. Семенов, В. В. Семенович, А. А. Шпак, А. Д. Щеглов (зам. главного редактора), В. А. Ярмолук

Ю. И. Бакулин, А. Н. Барышев, Г. Р. Бекжанов, В. С. Быкадоров, Н. Н. Ведерников, И. Ф. Глумов, И. С. Грамберг, Т. В. Джанелидзе, В. А. Ерхов, А. И. Жамойда, Е. Н. Исаев, М. М. Константинов, Л. И. Красный, Н. К. Курбанов, Н. В. Межеловский, И. Ф. Мигачев, В. А. Нарсеев, В. А. Петров, В. М. Питерский, В. Ф. Рогов, В. И. Старостин, В. С. Сурков, В. П. Федорчук

Содержание

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Славкин В.С.

Задачи оптимизации геологоразведочного процесса на нефть и газ на основе комплексной интерпретации данных сейсморазведки и бурения . . .

Филипцов Ю.А.

Прогноз фазового и химического составов залежей углеводородов в сульфатно-карбонатных разрезах областей с широким развитием траппового магматизма... . . .

3

10

РУДНОЕ И НЕРУДНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Модников И.С., Сычев И.В.

Принципы количественной оценки ураноносности вулкано-тектонических структур . . .

15

Наумов С.С., Шумилин М.В.

Урановые месторождения Алдана . . .

20

Томсон И.Н., Полякова О.П.

Особенности локализации, строения и состава крупных и уникальных месторождений цветных и благородных металлов . . .

24

СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

Сосновская О.В., Шипицын В.А.

О региональных стратиграфических подразделениях верхнего протерозоя Алтае-Саянской складчатой области . . .

30

Круговых В.В.

Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения пермских отложений Западного Таймыра . . .

33

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА

Бородин В.П., Бузун В.В.

Структурные построения по результатам автоматизированного анализа многоспектральных космических снимков . . .

38

Сапронов Н. Л., Москалев В. А.

Мезозойский вулканизм юго-запада Сибирской платформы и прогнозирование рудоносных структур . . .

42

Качевский Л.К., Качевская Г.И., Стороженко А.А., Зуев В.К., Динер А.Э., Васильев Н.Ф.

К вопросу о выделении архейских метаморфических комплексов в Заангарской части Енисейского края . . .

45

ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ

Миколаевский Э.Ю., Ерхов В.А., Евсеев В.М.,

Анискович М.Ф., Машинская Т.В., Шестаков В.И.

Банки прогнозов на основе интеграции комплексной геолого-геофизической информации . . .

49

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Соколовский Л. Г., Павлов Ю. С.

Приповерхностное поле гелия Центрального Копетдага и прилегающей части Каракумов . . .

60

ДИСКУССИИ

Рыбин А.И.

Рыночная экономика и геологоразведка . . .

66

РЕЦЕНЗИИ

Баратов Р.Б.

Об эндогенных формациях Памира . . .

69

Баграмянц В.О., Гейшерик Г.М.

О книге Э. М. Литвинова «Введение в морскую геофизику» . . .

70

ИНФОРМАЦИЯ

Маракушев А.А., Чернов В.И., Нордега И.Г.,

Ефремова С.В., Савочкина Е.Н.

Научные исследования В. Е. Гендлера и их значение . . .

71

Памяти Валентина Соломоновича Шуба . . .

74

Памяти Соломона Марковича Тильмана . . .

74

Памяти Марии Борисовны Бородаевской . . .

75

Редакция: Р.В. Добровольская, Л.Д. Овчининская, Г.В. Вавилова, М.В. Рогачева

Сдано в набор 20.09.94. Подписано в печать 26.01.95. Формат 185×270. Бумага мелованная. Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

Адрес редакции: 113545, Москва, Варшавское шоссе, 1296.
Телефон: 315-28-47

Отпечатано Государственным картографо-геодезическим предприятием

Задачи оптимизации геологоразведочного процесса на нефть и газ на основе комплексной интерпретации данных сейсморазведки и бурения

В.С.СЛАВКИН (ВНИГНИ)

Радикальные перемены в экономической системе нашего государства, весьма болезненный переход к подобию рыночных отношений существенно изменили условия геологоразведочного процесса (ГРП) на нефть и газ. Мы являемся свидетелями резкого сокращения объемов поисково-разведочного бурения и сейсморазведки, деградации производственного потенциала большей части геологоразведочных предприятий, тяжелейшего финансового положения геологоразведочных служб разных отраслей. Существенные изменения претерпевает и структура ГРП. Плановое изучение перспективных территорий и объектов, обеспечивавшее стабильный прирост геологической информации и разведанных запасов углеводородного сырья, сменяется концентрацией работ на отдельных открытых в прошлом месторождениях с целью скорейшей их доразведки и ввода в эксплуатацию. Такого рода «очаговый» геологоразведочный процесс развивается также с большими трудностями, обусловленными отсутствием у потенциальных инвесторов достаточных средств, что напрямую связано с кризисом неплатежей топливно-энергетическому комплексу и ограниченным притоком иностранных инвестиций.

В условиях столь жестких внешних ограничений особую актуальность приобретает проблема наиболее рационального использования ограниченных ресурсов и объемов геологоразведочных работ на нефть и газ на всех стадиях ГРП. Иными словами, новая организационно-экономическая ситуация требует оптимизации геологоразведочного процесса на нефть и газ.

Рассмотрение проблемы оптимизации любого процесса, в т.ч. и процесса геологоразведочного, требует прежде всего разрешения двух групп вопросов:

- выбор средств оптимизации;
- выбор (или построение) критериев оптимальности.

Учитывая теоретическое многообразие средств оптимизации геологоразведочного процесса на нефть и газ, автор считает, что наиболее важным из них является существенное перераспределение функций и ответственности между глубоким бурением и сейсморазведкой. На практике это означает требование получения от сейсморазведки (в комплексе с бурением) такой информации, которая при «классическом» ведении дел являлась прерогативой глубокого бурения.

Такая постановка задачи не нова. Последнее десятилетие прошло под знаком развития направления исследований, условно объединяемых аббревиатурой ПГР (прогнозирование геологического разреза) и широко толкуемым термином сейсмостратиграфия [1, 3, 4, 7, 8, 9, 15]. Имеется ряд очень удачных примеров эффективного ком-

плексирования сейсморазведки и бурения [6, 10, 16, 17, 18], свидетельствующих о большом потенциале отечественной науки и технологии, накопленном благодаря осмысленной политике государственных органов в области развития науки и технологии. Однако есть и отрицательный опыт, когда комплексные исследования не были ориентированы на решение четко сформулированных геологических задач, сами задачи ставились неконкретно, без привязки к определенным методам и технологиям. Таковой была обычно еудба «внедрения достижений научно-технического прогресса в производство».

Сегодня сложилась качественно новая ситуация. Жесткие внешние ограничения, ломка структуры ГРП позволяют органически, а не насильственно построить схемы ведения ГРП на нефть, и газ, при которых перераспределение функций и ответственности между сейсморазведкой и бурением обеспечит существенный эффект в рамках выбранных методов, технологий и критериев оптимальности ГРП.

Следует оговорить, что выбор адекватных критериев оптимальности геологоразведочного процесса для конкретных объектов и территорий является серьезной методологической проблемой. Казалось бы, естественно пользоваться такими внешне очевидными критериями, как минимум затрат при заданном приросте запасов УВ определенных категорий или максимум прироста запасов УВ определенных категорий при фиксированных затратах.

Однако указанные критерии обладают двумя серьезными недостатками, ограничивающими возможности их использования в реальном проектировании геологоразведочного процесса.

Во-первых, оценка запасов и ресурсов УВ сырья на всех стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ выполняется с допустимой погрешностью, превышающей собственно оптимизационной эффект. Это обстоятельство особенно существенно для начальных стадий ГРП, включая поисковую, но и для стадий разведки и детальной разведки месторождений этот критерий не приемлем. Известно большое количество случаев, когда детальные работы не увеличивают, а уменьшают ранее учтенные запасы. Разумеется, такого рода результаты детальных работ дадут положительный эффект при эксплуатации месторождений, позволив избежать ненужных затрат на освоение реально не существующих запасов. Однако построение сквозных функционалов, обеспечивающих оптимизацию как эксплуатации, так и разведки месторождений УВ в условиях отсутствия четкой стратегической перспективы на 10—15 лет, является делом практически бесполезным.

Во-вторых, очень часто (особенно на стадии детальной разведки месторождений и подготовки к эксплуатации) бывает важно не только и не столько правильно оценить запасы залежи, но и построить адекватную модель ее геологического строения. Последнее особенно актуально для сложнопостроенных залежей, которые в настоящее время преимущественно доразведываются и вводятся в эксплуатацию. Основные компоненты моделей геологического строения залежей и требования к ним рассматриваются ниже. Отметим, что адекватные модели геологического строения сложнопостроенных залежей аккумулируют такую конкретную информацию, без которой адекватная оценка разведанных запасов невозможна. Формальная оценка информативности моделей геологического строения залежей нефти и газа — самостоятельная труднорешаемая проблема, сопоставимая с построением критериев оптимальности ГРП.

В свете изложенного представляется необходимым отказ от кажущихся такими очевидными критериев оптимальности геологоразведочного процесса, как минимум затрат при фиксированных приростах запасов и максимум прироста при фиксированном уровне затрат.

Автор глубоко убежден, что единственным реальным критерием оптимальности ГРП является *минимум затрат для решения конкретных задач изучения рассматриваемого объекта в рамках заранее определенных методологии и технологии ГРП*.

Разумеется, использование такого критерия оптимальности в реальном проектировании и программировании ГРП определяет исключительное значение правильного понимания сущности задач изучения конкретных геологических объектов в рамках заранее определенных методологии и технологии ГРП. Казалось бы, среди геологов-нефтяников сложилось достаточно единомышленное понимание задач на разных стадиях ГРП, закрепленное в периодически обновляемых нормативных документах. Однако единство мнений существует лишь относительно самых общих, «стратегических» задач ГРП на каждой его стадии, а использование предложенного критерия оптимальности требует четкой формулировки конкретных, «тактических» задач ГРП, решение которых опирается на использование выбранных средств оптимизации, т.е. методологии и технологии.

Геологическое строение сложнопостроенной залежи, модель строения которой известна, можно изучать на основе бурения определенного количества скважин. При этом оптимизация (т.е. минимизация затрат) может достигаться, например, за счет как совершенствования технологии и организации глубокого бурения, так и рационального размещения скважин.

Заметим, что задачи при таком подходе, как и принципы размещения скважин (например, на равные объемы запасов — равные объемы бурения) четко сформулированы и широко известны (Г.А.Габриэлянц, 1976). Успех оптимизации в этом случае зависит в основном от степени адекватности используемой априорной модели реальному геологическому строению залежи.

Сложнопостроенную залежь, если нет надежной модели ее строения, можно изучить «ползущей» разведкой, когда точка заложения и задачи для каждой скважины (или группы скважин)

определяются по результатам бурения предыдущих скважин.

Конкретные задачи разведки в такой ситуации зависят от методологии и технологии моделирования залежи. Возможен вариант, когда использование методологии моделирования высокого научного уровня, обеспечивающих постановку четких и конкретных задач разведки, позволяет уже после бурения первых скважин наметить основные элементы, осложняющие строение залежи: литолого-фациальную зональность, закономерности изменения ФЕС коллекторов, наличие и простираание тектонических экранов и т.д. На этой основе в дальнейшем могут быть скомпонованы как объемы разведочного бурения, так и время разведки, т.е. реальной становится оптимизация ГРП. Совершенно очевидно, что оптимизация будет тем более успешной, чем более конкретные и важные задачи будет решать каждая скважина или группа скважин.

Антиподом описанной ситуации является такая практика, когда в отсутствие научно обоснованной методологии моделирования долгое время не удается определить основные черты строения залежи. Разведочные скважины не несут достаточной смысловой нагрузки, оказываются сухими или обводненными. Ни о какой оптимизации ГРП в подобных условиях не может идти и речи.

Рассмотренный пример позволяет сделать вывод о том, что учет технологии и особенно методологии является совершенно необходимым условием определения задач и построения критериев оптимальности ГРП.

Актуален также вопрос об адекватной постановке и формулировании геологических задач в рамках выбранной методологии и технологии при изучении сложнопостроенных объектов на основе комплексирования бурения и сейсморазведки. Заметим, что речь не идет о «классическом» варианте прошлых лет, когда с помощью сейсморазведки с большей или меньшей точностью выявлялся структурный план спорных отражающих горизонтов, а важнейшие характеристики геологических объектов изучались исключительно глубоким бурением. Научный и практический интерес представляет рассмотрение тех ситуаций, когда реально осуществляется попытка оптимизации ГРП за счет того, что сейсморазведка принимает или пытается принять на себя часть функций и ответственности, традиционно принадлежащих глубокому бурению. Такого рода оптимизация принципиально возможна на всех стадиях ГРП, однако наиболее ощутимыми и поддающимися оценке являются попытки перераспределения функций и ответственности между сейсморазведкой и бурением на стадиях разведки и детальной разведки.

Выделение в 80-е годы в качестве четкого направления «детализационной» сейсморазведки, т.е. сейсморазведки на достаточно хорошо разбуренных объектах, сыграло заметную роль в реальном комплексировании сейсморазведки и бурения. Однако при этом возникают вопросы, всегда ли перед детализационными сейсморазведочными работами ставились действительно важные и конкретные геологические задачи и были ли до конца продуманы методология и технология получения геологически содержательных результатов, которые могли бы быть учтены при моделировании залежей УВ и оценке

их запасов на практике. Как правило, удавалось добиваться некоторого (а иногда и принципиального) уточнения структурно-морфологической модели изучаемых объектов. Вместе с тем, результаты изучения литофациальных особенностей и коллекторских свойств продуктивных отложений представлялись в виде аномалий сейсмической записи и (или) карт разнообразных ее параметров (амплитуды, энергия, декременты затухания и т.п.), геологическая природа, а следовательно, и геологическая интерпретация которых были не до конца ясны или неоднозначны. Такого рода результаты с большим трудом «переводились» на геологический язык, т.е. приводились к виду, удобному для использования при моделировании залежи и оценке ее запасов.

Накопленный опыт свидетельствует о том, что реальная оптимизация ГРП за счет перераспределения функций и ответственности сейсморазведки и бурения на изучаемом объекте достигается только при тщательном итерационном согласовании постановки геологических задач с методологическими и технологическими возможностями предлагаемых методик полевых наблюдений, обработки, комплексной геологической интерпретации их результатов. Итоговая постановка геологических задач зависит не только от того, что хотелось бы узнать из данных сейсморазведки об изучаемом объекте при минимуме глубоких скважин, но и от реальных возможностей извлечения геологической информации из данных сейсморазведки.

Не касаясь вопросов совершенствования полевых наблюдений как в двумерном, так и в трехмерном вариантах, отметим лишь, что методики, используемые в последние 6—8 лет, дают существенно более полную и значимую геологическую информацию по сравнению с обычно извлекаемой при стандартной обработке и интерпретации данных сейсморазведки. Здесь есть большие резервы.

Для иллюстрации возможностей оптимизации ГРП на различных стадиях за счет рационального распределения функций и ответственности между сейсморазведкой и бурением рассмотрим совокупность задач, решаемых в рамках развиваемого во ВНИГНИ направления — структурно-литологическая интерпретация данных сейсморазведки и бурения (СЛИ) [12, 14].

Основные методологические и технологические особенности указанного подхода следующие.

1. Реализация процесса обработки, интерпретации и комплексной интерпретации геолого-геофизических данных как последовательной многоступенчатой, итерационной трансформации априорной модели геологического строения изучаемого объекта в постериорную.

2. Освоение максимально широкого набора программно-методических средств обработки и интерпретации данных сейсморазведки, созданных в России и за рубежом, и выбор из них наиболее отвечающих требованиям решаемых геологических задач и представлениям о геологическом строении изучаемых объектов, отображенных на априорных и промежуточных моделях.

3. Оригинальные приемы геологической интерпретации кинематических и динамических характеристик сейсмической записи, обеспечивающие стратиграфическую идентификацию отражающих горизонтов при недостаточной изученности разреза бурением;

выделение и локализацию седиментационных тел;

районирование изучаемых объектов по типам разреза природного резервуара;

прослеживание тонких пластов-реперов и пластов-коллекторов в продуктивной части разреза.

4. Изучение удельной эффективной и интегральной емкости в межскважинном пространстве по данным сейсморазведки МОГТ.

Задачи, решаемые на основе СЛИ, представлены ниже.

Стадия

ГРП

Региональная (зональная)

Поисковая

Разведочная

Детальная разведка и подготовка залежи к эксплуатации

Геологические задачи

Восстановление структуры и морфологии потенциально продуктивных комплексов, прогноз их вещественного состава (на формационном уровне) с возможным выделением элементов природных резервуаров

Построение структурно-морфологической модели природного резервуара УВ объекта; выделение трехмерных седиментационных тел (рифов, баров, русел и т.д.), образующих самостоятельные природные резервуары или аномалии фильтрационно-емкостных свойств в пределах объекта;

построение схематических литолого-фациальных и (или) седиментационных моделей объекта

Построение детальной литолого-фациальной схемы природного резервуара в пределах объекта;

построение детальной схемы районирования природного резервуара по типам разреза, вскрытым глубокими скважинами; построение детальной структурно-морфологической модели природного резервуара, опирающейся на результаты и литолого-фациального моделирования; построение емкостной модели природного резервуара, обеспечивающей более надежную и экономичную оценку запасов УВ (модель эффективной удельной емкости) или оценку относительных изменений емкости, а следовательно, и плотности запасов в природном резервуаре (модель интегральной удельной емкости)

Выявление и трассирование зон с ухудшенными ФЕС коллекторов в контуре залежи;

выявление и трассирование в контуре залежи экранов, разделяющих или осложняющих принятую в процессе разведки флюидодинамическую систему залежи; выявление и оценка участков залежи с наиболее благоприятными для эксплуатации характеристиками

Автору представляется необходимым дать два пояснения.

Во-первых, задачи, будучи сформулированы как геологические, могут быть использованы при формировании критериев оптимальности ГРП и оценке эффективности методологических и технологических решений. Действительно, если при разведке объекта, сложность которого связана с литолого-фациальной изменчивостью продуктивных отложений, с позиции СЛИ утверждается возможность построения детальной литолого-фациальной модели продуктивного комплекса, включающего фиксированные объемы бурения и сейсморазведки, то может быть реально оценен

оптимизационный эффект путем сравнения ожидаемых затрат с затратами от решения этой задачи бурением дополнительного количества глубоких скважин. Могут быть также оценены и потенциальные потери путем сравнения ожидаемых результатов с результатами применения более совершенных (чем СЛИ) методик и технологий. В любом случае сравнение методологических подходов и программирование ГРП будут базироваться на геологически содержательной и поддающейся инженерной оценке постановке геологической задачи.

Во-вторых, следует обратить внимание на то, что на всех стадиях ГРП (в т.ч. и на ранних) предлагается решать не только структурные задачи, но и задачу прогнозирования разреза в конкретной постановке, обусловленной реальной изученностью геологических объектов.

Рассмотрим пример постановки и решения задачи оптимизации региональной стадии ГРП на примере изучения северо-восточного обрамления Астраханского свода. Именно эта стадия считается наиболее сложной при прогнозировании разреза по данным сейсморазведки.

В конце 80-х — начале 90-х годов учеными и практиками интенсивно обсуждалась проблема поисков залежей газа с низким содержанием сероводорода в непосредственной близости от Астраханского серогазоконденсатного месторождения (АСГКМ). По общему мнению, скопления такого газа, а также жидких УВ могли аккумулироваться в терригенных отложениях подсолевого комплекса. Наибольший интерес представляли терригенные отложения девона (средний девон — нижний фран) одного из основных продуктивных комплексов Русской платформы. Однако в пределах Астраханского свода и его северо-восточного обрамления (Северо-Астраханского прогиба) отложения терригенного девона не были вскрыты ни одной скважиной. Более того, существовала точка зрения, что терригенный девон в Северо-Астраханском прогибе залегает на глубинах 7,5—8 км и, следовательно, его изучение не может представлять практической ценности. В пределах собственно Астраханского свода перспективы открытия крупных скоплений УВ в этих отложениях снижаются тем, что перекрывающая их мощная верхнедевонско-башкирская карбонатная формация может не содержать компетентных покрышек, обеспечивающих консервацию залежей. Аномально высокие пластовые давления в башкирской залежи АСГКМ являются косвенным подтверждением этого.

Структурный план терригенного девона оставался неизученным в связи с неудовлетворительной прослеживаемостью глубоких отражающих горизонтов (особенно в зоне сочленения Астраханского свода и Северо-Астраханского прогиба) и невозможностью их стратиграфической идентификации стандартными способами. Таким образом, не были решены задачи региональной стадии ГРП.

Была очевидной необходимость бурения одной или двух скважин для оценки перспектив терригенного девона. Однако оптимальное место заложения скважин и их проектные глубины оставались неясными.

Для этих специфических условий региональной стадии была предпринята попытка оптимизации ГРП на основе структурно-литологической интерпретации данных сейсморазведки. Необходи-

мым было в самых общих чертах восстановить структурный план терригенного девона и перекрывающих его толщ, дать прогноз разреза на формационном уровне, т.е. решить задачи на основе СЛИ.

Поставленные геологические задачи определили содержание и подход к решению методолого-технологических задач:

- опираясь на данные по относительно изученным площадям, создать априорную геолого-сейсмическую модель терригенного девона;

- улучшить прослеживаемость отражающих горизонтов;

- оценить скорости распространения упругих колебаний в сейсмических «пластах», отождествляемых с терригенным девонem и перекрывающими его отложениями;

- интерпретировать данные о пластовых скоростях и на этой основе дать стратиграфическую идентификацию отражающих горизонтов и прогноз латерального изменения литолого-фациальных характеристик подсолевых отложений.

Последовательное решение методолого-технологических задач позволило получить следующие геологические результаты.

Существенно улучшено прослеживание подсолевых отражающих горизонтов (рис. 1). Горизонт IP впервые прослежен непрерывно в зоне сочленения Астраханского свода и Северо-Астраханского прогиба. Тем самым выявлен и прослежен седиментационный склон верхнедевонско-башкирской карбонатной формации. Улучшено прослеживание более глубоких подсолевых горизонтов, однако под седиментационным карбонатным склоном отмечаются зоны потери корреляции. Качество отражающих горизонтов на самом Астраханском своде и в Северо-Астраханском прогибе позволило с помощью кинематической автоматизированной интерпретации данных МОГТ [2, 5, 12] оценить пластовые скорости в сейсмических пластах IP—ID(6) и ID(6)—IID(7). По результатам структурно-литологической интерпретации данных о скоростях построены прогнозные структурно-морфологическая и литолого-фациальная модели изучаемого объекта (рис. 2).

В пределах Астраханского свода толща, заключенная между горизонтами IP(5) и ID(6), характеризуется пластовой скоростью, равной 5860 ± 143 м/с, что хорошо согласуется с данными сейсмокаротажа вскрытой ее части и отвечает скорости распространения упругих колебаний в верхнедевонско-башкирской карбонатной формации.

Толща, заключенная между отражающими горизонтами ID(6) и IID(7), характеризуется пластовыми скоростями, равными 4450 ± 548 м/с на Астраханском своде и 4700 ± 180 м/с в Северо-Астраханском прогибе. Именно таков диапазон изменения скоростей в терригенных отложениях девона на относительно хорошо изученных бурением и сейсмокаротажом площадях Оренбургской области (Кошинской, Рожковской, Зайкинской и т.д.). Это дало основание идентифицировать горизонты ID(6) как кровлю, а IID(7) как подошву осадочного комплекса терригенного девона. Следовательно, построенная в процессе интерпретации сейсмических материалов структурная схема по горизонту ID(6) (рис. 3) отражает структурный план кровли терригенного девона.

Отметим важнейшую особенность структурно-

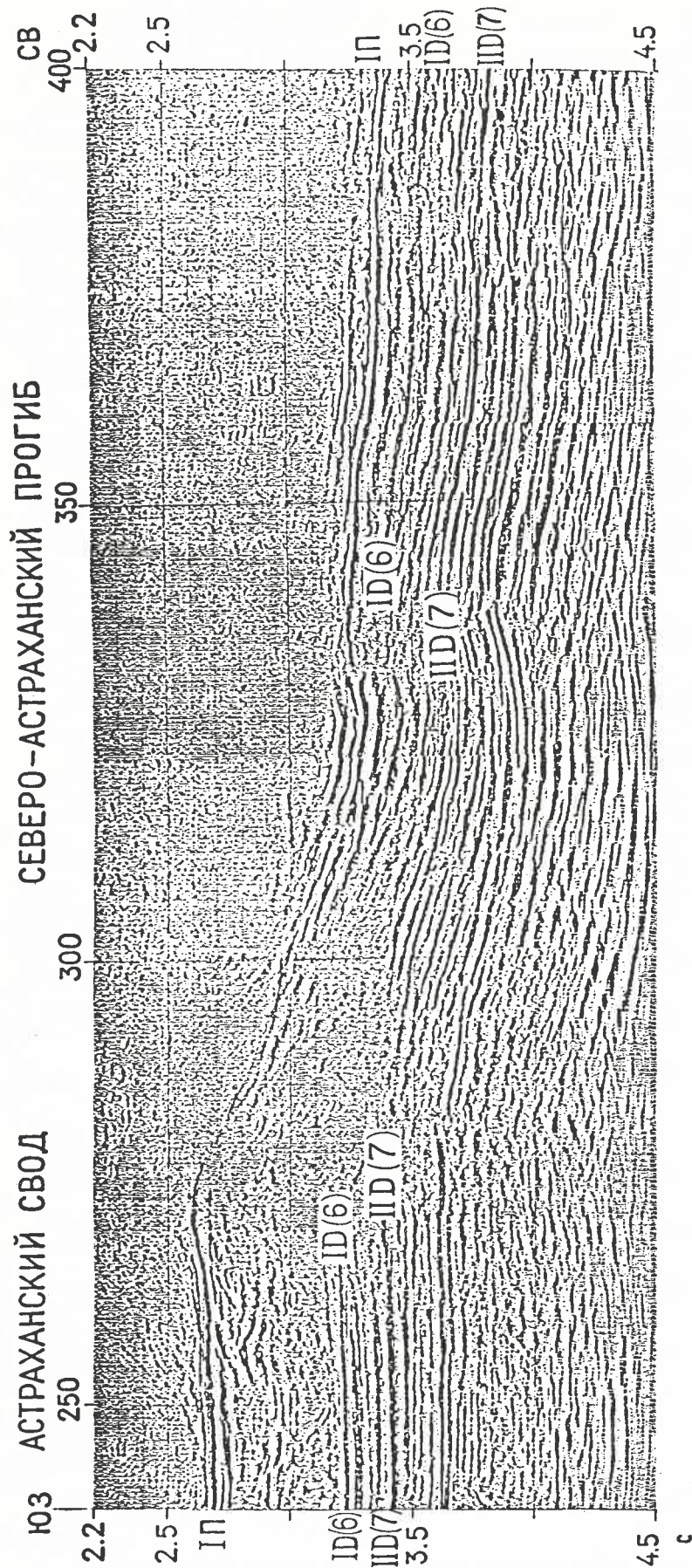


Рис. 1. Временной разрез по профилю 2.2.87 АГЭ северо-восточной части Астраханского свода и Северо-Астраханского прогиба. Обработка ВНИГНИ

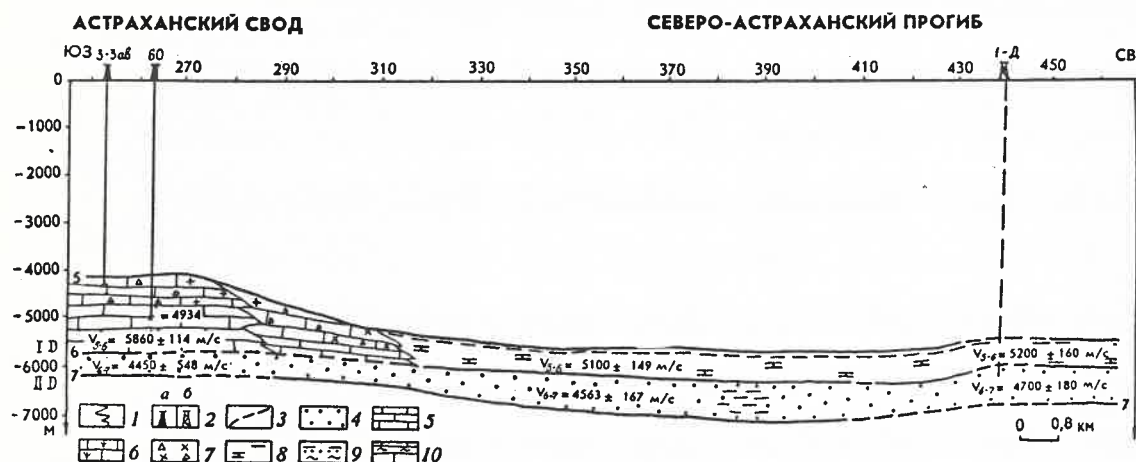


Рис. 2. Структурно-морфологическая и литолого-фациальная модели:

IIД, ID, IID — отражающие горизонты; v_5-6 , v_6-7 — пластовые скорости прогнозируемых пород; 1 — зона фациального замещения карбонатных пород Астраханского свода на депрессионные осадки Северо-Астраханского прогиба; 2 — скважины: а — разведочного бурения, б — рекомендуемые; 3 — тектонические нарушения; 4 — песчаники; 5 — известняки; 6 — рифогенные образования; 7 — осадки карбонатного склона Астраханского свода; 8 — относительно глубоководные осадки (алевролиты, аргиллиты, пелитоморфные известняки) Северо-Астраханского прогиба; 9 — терригенные отложения; 10 — карбонатно-терригенные отложения

морфологической модели изучаемого объекта. Абсолютные отметки залегания кровли терригенного девона в пределах Астраханского свода и Северо-Астраханского прогиба практически одинаковы и составляют -5,8 ... -6,2 км. Таким образом, Астраханский свод по этим отложениям выражен очень слабо.

В процессе априорного моделирования было выявлено, что отложения терригенного девона с улучшенными коллекторскими свойствами характеризуются скоростями 4700—4900 м/с. Именно такие скорости установлены нами в предполагаемых отложениях терригенного девона на довольно крупном поднятии в Северо-Астраханском прогибе. В то же время согласно априорным моделям, скорости 4300—4600 м/с, отмеченные в рассматриваемых отложениях на собственно Астраханском своде, характеризуют сильно заглинизированные песчаники, с неудовлетворительными коллекторскими свойствами. Поэтому терригенные отложения девона в Северо-Астраханском прогибе представляются значительно более перспективными на обнаружение коллекторов УВ. Кроме того, в Северо-Астраханском прогибе гораздо более благоприятные, чем на Астраханском своде, условия консервации залежей УВ в терригенных отложениях девона. Толщина сейсмического пласта, заключенного между отражающими горизонтами IIД и ID(6), в прогибе резко сокращается до 400—500 м. Пластовые скорости при этом оцениваются в 5000—5100 м/с, т.е. на 600—800 м/с ниже, чем в одновозрастной толще в пределах Астраханского свода. Такое резкое изменение пластовых скоростей может быть обусловлено латеральным замещением верхнедевонско-башкирской карбонатной формации относительно глубоководными осадками — пелитоморфными известняками, аргиллитами и, возможно, алевролитами. Мощная толща таких пород гораздо более благоприятна для развития компетентных покрышек залежей в терригенных отложениях девона, чем одновоз-

растная ей карбонатная формация Астраханского свода, сложенная в нескрытой части разреза в основном чистыми известняками и доломитами. В такой толще возможно лишь развитие внутриформационных покрышек на отдельных, незначительных по площади участках.

С учетом вышеизложенного было рекомендовано бурение скв. I-Д, которая должна вскрыть терригенные отложения девона на отметке -6000 м в относительно благоприятных структурных условиях (в своде антиклинальной складки), с перспективами обнаружения коллекторов и покрышек. Сохраняется надежда, что с выходом страны и отрасли из экономического кризиса этот дорогостоящий, но открывающий новые перспективы проект все-таки будет реализован.

Рассмотренный пример показывает возможности оптимизации ГРП на региональной стадии в сложных условиях изучения перспективного объекта, не вскрытого ни одной скважиной. Эффект оптимизации заключается (точнее, заключался бы) в том, что оценка глубин, вещественного состава, коллекторских свойств отложений терригенного девона, а также экранирующих свойств вышележащих отложений осуществлялась бы одной скважиной, место заложения которой определено на основе СЛИ геолого-геофизических данных.

Структурно-литологическая интерпретация комплекса геолого-геофизических данных на поисковой и разведочных стадиях ГРП в последние семь лет выполнена более чем для 20 объектов в России и за рубежом. Среди наиболее интересных результатов можно отметить следующие.

Получены принципиально новые данные о геологическом строении центрального (Юрубчено-Вэдрешевского) участка Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции. Здесь отсутствуют высокоамплитудные дизъюнктивные дислокации, разбивающие продуктивную рифейскую толщу на отдельные блоки и предопределяющие выход под эрозионную поверхность разновозрастных свит. Сейсмические материалы свидетель-

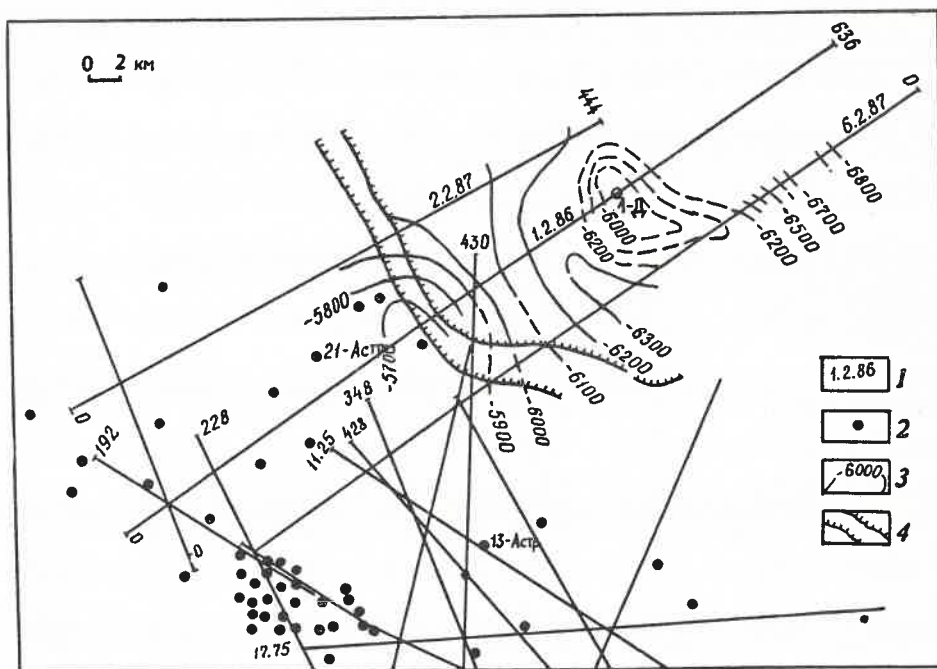


Рис. 3. Структурная схема по горизонту ID — кровле терригенного девона, северо-восточный склон Астраханского свода и сопредельная часть Северо-Астраханского прогиба:

1 — профили МОГТ; 2 — скважины разведочного и эксплуатационного бурения; 3 — изогипсы по горизонту ID, м; 4 — северо-восточный склон карбонатной платформы Астраханского свода; 1-Д — рекомендуемая скважина

ствуют о горизонтально-слоистом строении продуктивного рифея. Неудовлетворительная коррелируемость разрезов близкорасположенных скважин объясняется резкими латеральными фациальными замещениями внутри верхней части рифейской карбонатной формации. Выявлена связь трещиноватости с первоначальным литолого-фациальным обликом пород и, следовательно, с условиями осадконакопления. Построены литолого-фациальная и емкостная модели продуктивных отложений, позволяющие выбрать наиболее благоприятные участки для организации опытно-промышленной эксплуатации этого крупного сложного объекта. Подробно результаты рассматриваемых исследований изложены в работах [11, 13, 19].

Весьма обнадеживающими являются результаты изучения структуры, морфологии и литофациальных особенностей отложений ротлигендеса, выполненные учеными ВНИГНИ в 1989—1993 гг. по контрактам с немецкими фирмами на ряде разведочных площадей Северо-Германского бассейна. Впервые удалось проследить и увязать несколько отражающих горизонтов под подошвой цехштейна (кровлей ротлигендеса), что позволило изучить структуру и морфологию изучаемых отложений, оценить псевдоакустические характеристики разреза. На площади Шверин в низах ротлигендеса выявлены ассоциации баров, обладающих улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами, локализовано крупное многэтажное песчаное тело, приуроченное к подводному приливно-отливному каналу субмеридионального простирания. На площади Бодентайх впервые получена структурно-морфологическая модель ловушки газовой залежи, откры-

той скважиной № 2 Найндорф. Выявлены закономерности распределения коллекторов в толще Ганновер. Все это позволило объяснить отрицательные результаты бурения 11 глубоких скважин и дать рекомендации по дальнейшей разведке газовой залежи [20].

Структурно-литологическая интерпретация геолого-геофизических данных позволила по-новому оценить перспективы келловей-оксфордских карбонатных отложений в пределах площади Большой Яшлар в Восточном Туркменистане.

Таким образом, накоплен определенный опыт оптимизации геологоразведочного процесса на основе структурно-литологической интерпретации геолого-геофизических данных. Тем не менее, широкое освоение этого опыта, как и опыта других творческих коллективов, существенно затруднено из-за отсутствия налаженной системы взаимодействия потенциальных заказчиков (руководителей геологических служб нефтегазовых и геологоразведочных предприятий и фирм) и потенциальных исполнителей. А между тем, как подчеркивалось выше, существуют экономические предпосылки для внедрения прогрессивных методологий и технологий, обеспечивающих перераспределение функций и ответственности между бурением и сейсморазведкой, а следовательно, и оптимизацию ГРП.

Для реализации этих предпосылок необходим «рынок» геологоразведочных задач, методологий и технологий. Создание цивилизованного, благоустроенного рынка, по мнению автора, целесообразно начать с организации при Госкомнедра и Минтопэнерго проблемного научно-технического совета, который бы на основе тесных контактов с производством аккумулировал заказы на реше-

ние задач оптимизации ГРП, рассматривал надлежущие рекомендации и создавал основу для взаимодействия заказчиков и исполнителей на коммерческой основе. Деятельность проблемного научно-технического совета должна способствовать также преодолению иллюзий, связанных с надеждами на результаты использования зарубежных программно-технологических средств. Нам надо научиться правильно оценивать и использовать отечественные достижения в области оптимизации ГРП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авербух А.Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. — М.: Недра, 1982.
2. Бандурин С.И., Боголюбовский А.Д., Копилевич Е.А. и др. Математическое обеспечение построения глубинных сейсмических разрезов по данным МОГТ на ЕС ЭВМ среднего класса //Разведочная геофизика. 1982. № 95. С. 31—39.
3. Гогоненков Г.Н. Прогнозирование геологического разреза по сейсмическим данным //Геология нефти и газа. 1981. № 1. С. 48—55.
4. Гогоненков Г.Н., Михайлов Ю.А. Сейсмостратиграфический анализ в нефтегазописковых исследованиях. — М.: ВНИИОЭНГ, 1984. С. 3—18.
5. Копилевич Е.А., Бандурин С.И., Боголюбовский А.Д., Яновский А.К. Автоматизированное построение глубинных сейсмических разрезов по данным МОГТ //Разведочная геофизика. 1982. № 95. С. 39—45.
6. Копилевич Е.А., Ростовицков В.Б., Павленков А.И. и др. Поиски залежей углеводородов в Тимано-Печорской провинции на базе применения принципов сейсмостратиграфии и ЭВМ //Сов. геология. 1986. № 11. С. 28—34.
7. Кузнецов О.А. Методология и некоторые результаты комплексного изучения сложнопостроенных геологических сред методами ГИС и сейсморазведки при поисках и разведке месторождений нефти и газа //Новые геоакустические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. М., 1986. С. 13—32 (Сборник ВНИИГТ).
8. Кунин Н.Я., Кучерук Е.В. Сейсмостратиграфия в решении проблемы поиска и разведки месторождений нефти и газа //Месторождения горючих полезных ископаемых. Итоги науки и техники. 1984. Т. 13. С. 196.
9. Кунин Н.Я., Кучерук Е.В. Сейсмостратиграфия при решении проблем поисков и разведки месторождений нефти и газа //Итоги науки и техники. 1985. Т. 13. Вып. 13.
10. Павлов Н.Д., Гогоненков Г.Н. Прогнозирование Тенгизского рифогенного атолла по материалам комплексной сейсмофациальной интерпретации данных сейсморазведки //Разработка методов определения вещественного состава геологического разреза по данным сейсморазведки и геофизических исследований скважин. — М., 1985. С. 120—124.
11. Славкин В.С., Бакун Н.Н., Копилевич Е.А. и др. Новая модель геологического строения Юрубчен-Тохомской зоны //Геология нефти и газа. 1994. № 4. С. 9—16.
12. Славкин В.С., Копилевич Е.А., Зинковский В.Е. Повышение эффективности поисков и разведки нефти и газа на основе методики структурно-литологической интерпретации: Обзор. Сер. Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений. — М.: ИРЦ Газпром, 1993.
13. Славкин В.С., Копилевич Е.А., Соколов Е.П. и др. Технология и результаты изучения емкости карбонатных коллекторов сложного типа по данным сейсморазведки и ГИС //Сборник рефератов докладов на 93-ей Международной геофизической конференции. — М., 1993, № 2. С. 65.
14. Славкин В.С. Комплексная интерпретация данных сейсморазведки, ГИС и литолого-фациальных исследований — путь повышения эффективности геологоразведочного процесса // Геология нефти и газа. 1993: № 7. С. 32—36.
15. Шерифф Р.Е., Грегори А.П., Вейл П.Р. и др. Сейсмическая стратиграфия. — М.: Мир, 1982.
16. Шлезингер А.Е. Комплексы пород седиментационных ловушек по материалам сейсмостратиграфического анализа // Геология и геофизика. 1987. № 1. С. 12—19.
17. Шлезингер А.Е. Структурно-формационная интерпретация сейсмических данных в работах отечественных специалистов // Бюл. МОИП Отд. геол. 1992. № 4. С. 121—123.
18. Slavkin V., Kleshchev R., Kopilevich E. Study of natural reservoir capacity between wells by seismics // EAPG Extended Abstracts of Paperx (oral and Poster Presentations) European Association of petroleum geoscientists & engineers 4-th Conference and Technical Exhibition. Paris. France. 1—5 June, 1992.
19. Slavkin V., Kopilevich E., Bakun N. Study of riphean low-porosity carbonates by integrating geophysical and lithological investigations //EAPG Extended Abstracts of Paperx (oral and Poster Presentations) European Association of petroleum geoscientists & engineers 4-th Conference and Technical Exhibition Stavanger, Norway. 7—22 June, 1993.
20. Slavkin V., Kopilevich E., Bakun N. Metodology and results of rotliedeng natural reservoir forecast in Northern Germany //EAPG Extended Abstracts of Paperx (oral and Poster Presentations) European Association of petroleum geoscientists & engineers 6-th Conference and Technical Exhibition, Vienna, Anstria. 6—10 June, 1994, P. 549.

УДК 553.98

© Ю.А. Филиппов, 1994

Прогноз фазового и химического составов залежей углеводородов в сульфатно-карбонатных разрезах областей с широким развитием траппового магматизма

Ю.А. ФИЛИППОВ (Красноярский НИИ геологии и минерального сырья)

Сибирская платформа — один из самых крупных регионов России, обладающих высокими, но еще недостаточно обоснованными перспективами

нефтегазоносности. Обусловлено это прежде всего древним возрастом, сложностью геологического строения платформы, а также большим чис-

лом разнонаправленных процессов, способствовавших как образованию, так и разрушению залежей нефти и газа.

Одним из важных факторов, существенно повлиявших на перспективы нефтегазоносности Сибирской платформы, явился трапповый магматизм, который не только значительно усложнил ее геологическое строение, но и оказал непосредственное влияние на органическое вещество (ОВ) и нефти. Недостаточные знания и учет процессов преобразования ОВ, нефтяных и минеральной матрицы под воздействием траппового магматизма, а также сложные сейсмогеологические условия обусловили низкую эффективность нефтегазопромысловых работ в пределах Южно-Тунгусской нефтегазоносной области (НГО) — одной из наиболее интродуцированных областей Сибирской платформы.

Цель статьи — определение показателей траппового воздействия на ОВ и нефти, прогноз фазового и химического составов углеводородных флюидов в галогенно-сульфатно-карбонатных отложениях нижнего — среднего кембрия, продуктивных в Южно-Тунгусской НГО.

Нижне-среднекембрийский разрез Южно-Тунгусской НГО слагают (снизу вверх) отложения ясенгской, моктаконской, марской, абакунской, бурусской, сурингдаконской, булайской, дельтулинской, таначинской и летнинской свит [3]. Продуктивные свиты — таначинская, абакунская (газ) и моктаконская (газ, нефть). Интрузии траппов (преимущественно пластовой формы) встречаются во всех стратиграфических подразделениях, но наиболее часто — в пределах сурингдаконской свиты или в непосредственной близости от нее (нижний уровень локализации траппов) и вблизи подошвы летнинской свиты (второй уровень). Верхний уровень локализации интрузий соответствует верхней части разреза осадочного чехла от триаса и перми до ордовика. Это уровень максимального насыщения разреза интрузиями. Мощность интрузивных тел, как правило, варьирует от первых до 300 м. Преобладают силлы мощностью 50–200 м. Кроме силлов, широко развиты дайки. Суммарная мощность интрузий, вскрытых скважинами в осадочном чехле, составляет 500–1200 м.

В пределах Южно-Тунгусской НГО к обогащенным ОВ свитам кембрийского продуктивного нефтегазоносного комплекса (НГК) относятся: таначинская, отдельные прослои дельтулинской, моктаконская, ясенгская. Имеются, но не во всех пересечениях, обогащенные рассеянным органическим веществом (РОВ) прослои в булайской, абакунской, марской, менее в бурусской свитах. Содержание $S_{\text{нк}}$ в пределах названных свит и прослоев невелики 0,1–0,4 %. Однако, учитывая сапропелевую природу ОВ и высокую степень его катагенетической преобразованности, выделенные отложения можно рассматривать как нефтегазоматеринские.

Изучение масштабов нефте- и газогенерации показало, что потенциал кембрийских отложений Южно-Тунгусской НГО уже в раннем мезозое был в значительной степени реализован, и в послетриасовый период воздымания территории процессы нефте- и газогенерации прекратились [1, 4]. Это, а также широкое развитие в осадочном чехле Южно-Тунгусской НГО интрузий траппов и, как следствие, процессов разрушения

скоплений УВ под их воздействием, обусловило особую значимость для данной территории изучения вопросов сохранности залежей.

Исследования, проведенные на протяжении последних лет, позволили выявить показатели траппового воздействия на ОВ и нефти, а также на минеральную матрицу и определить перспективы нефтегазоносности Южно-Тунгусской НГО.

1. Контактные изменения вмещающих интрузий карбонатных (с примесью силикатного материала) пород, свидетельствующие об образовании углекислого газа при декарбонатизации, зафиксированные от интрузий на расстоянии до 0,45 и 0,31 их мощности в верхнем и нижнем экзоконтактах соответственно. Наиболее часто в карбонатных породах вблизи интрузий встречаются периклаз, форстерит, тремолит-актинолит, флогопит, везувиан, гранат, эпидот, серпентин, хлорит. Схемы реакций образования этих минералов показывают, что во всех реакциях происходит декарбонатизация пород и генерация некоторого количества углекислого газа [2].

2. Наличие в свободных и водорастворенных газах кембрийского НГК значительного количества «кислых» компонентов — диоксида углерода и сероводорода, причем зоны с наибольшими их содержаниями в водорастворенных газах совпадают с продуктивными площадями [6]. Следует подчеркнуть, что в верхней части кембрийского НГК (булайская, дельтулинская, таначинская свиты) «кислых» компонентов в газах содержится больше. Это соответствует значительной интрузивной насыщенности данной части разреза. Для нижней части НГК (моктанская, марская, абакунская свиты) характерно большее содержание в газах метана и его гомологов.

3. Наличие самородной серы в породах, удаленных от интрузий на расстояние до 5,2–6,9 их мощности (в подынтрузивной части разреза), причем изотопный состав самородной серы, серы остаточных ангидритов и вторичных пиритов свидетельствует о термохимическом способе восстановления сульфатов с образованием сероводорода и других восстановленных соединений серы (Ю.А. Филиппов, Н.Л. Падалко, 1994). Самородная сера, в макроскопических количествах присутствующая в продуктивных и обогащенных ОВ пластах кембрийского НГК, обогащена изотопом ^{32}S по сравнению с серой одновозрастных осадочных ангидритов на 4–15%, а сера остаточных ангидритов (в кавернах) тяжелее на 1–5%. Изотопный состав самородной серы и серы остаточных ангидритов хорошо коррелируется с изотопным составом серы одновозрастных осадочных ангидритов. Все это указывает на то, что образование самородной серы (и сероводорода) происходило за счет восстановления осадочных ангидритов термохимическим путем без существенного привноса и миграции вещества между пластами, в условиях, близких к закрытой системе. Это позволяет по расположению в породах проявлений серы оценить расстояния, на которых с достаточной интенсивностью происходили процессы сульфатредукции, а также генерации сероводорода.

4. Утяжеленный изотопный состав углерода метана в газах кембрийского НГК Южно-Тунгусской НГО ($\delta^{13}\text{C} = -24,4 \dots -39,2\%$) соответствует преобразованности ОВ вмещающих пород до ста-

Характеристика концентратов нерастворимого в хлороформе органического вещества из отложений Южно-Тунгусской НГО

Но- мер про- бы	Скважина	Глубина отбо- ра, м	Свита	C _{орг} в по- роде, %	Элементный состав, %					Удаленность от интрузий (в их мощностях)	
					C	H	S	O	N	вышележа- щих	нижележа- щих

Межинтрузивная часть разреза

1	Западно-Маль- китконская 216	2996—3000	Булайская	0,08	88,8	1,3	0	8,7	1,2	0,2	1,3—2,5
2	Усть-Кочум- декская 202	2869	«	0,18	72,6	2,0	7,8	16,6	1,0	0,9	5,3
3	Таначинская 3	1809—1829	Летнинская, таначинская	2,0	87,5	2,8	2,8	5,9	1,0	1,6—1,7	5,0
4	7	1943—1983	«	0,23	77,8	3,2	9,6	8,4	1,0	2,0—2,4	7,4—7,8
5	7	1983—2005	Таначинская	0,95	81,9	3,1	6,0	7,8	1,2	2,4—2,6	7,2—7,4
6	Моктаконская 1	1956—1963	«	0,21	84,2	3,3	3,5	7,9	1,1	7,6—8,1	9,0—9,1

Подынтрузивная часть разреза

7	Усть-Дельту- линская 214	2955—2957	Бурусская	0,09	75,1	2,3	14,4	6,3	1,9	0,7	—
8	Кочумдекская 3	3172—3195	«	0,06	74,4	1,4	12,6	10,0	1,6	0,8—1,0	—
9	Западно-Маль- китконская 216	3365—3373	«	0,04	76,4	3,3	5,2	14,2	0,9	1,8	
10	Нижнетунгус- ская 6	3655—3676	Ясенгская	0,13	72,2	4,2	11,0	12,6		3,0—3,1	
11	Моктаконская 7	3586—3614	«	1,08	81,4	4,2	5,8	7,2	1,4	3,0—3,2	
12	1	3222—3235	Абакунская, марская	0,29	78,8	3,4	2,9	13,8	1,1	4,0—4,1	
13	1	3295	Марская	0,77	84,6	3,8	4,0	5,6	2,0	4,8	
14	1	3330	Моктакон- ская	0,26	86,4	4,4	2,7	5,0	1,5	5,2	
15	Западно-Маль- китконская 216	4173	Рифей?	0,24	85,6	4,5	0	8,4	1,5	5,3	
16	Таначинская 7	3349—3388	Марская	0,05	64,0	3,5	14,2	17,7	0,6	6,0—6,4	
17	Верхне-Ам- нуннаканская 187	3574—3757	Венд	0,28	81,4	5,1	4,3	7,1	2,1	7,0—8,7	
18	Таначинская 7	3829	Кристалли- ческий фун- дамент	0,52	92,8	3,6	0,5	2,8	0,3	11,0	
19	Моктаконская 2	3660—3667	Венд	0,13	82,3	5,4	0,1	12,2		12,5—12,6	
20	2	3787	Кристалли- ческий фун- дамент	0,12	86,6	4,6	0,1	7,2	1,5	14,8	

дий МК₃¹ (коксовой) — АК₄ (антрацитовой). Данная закономерность свидетельствует о генерации дополнительных порций изотопно-тяжелого метана в отложениях под воздействием интрузивного прогрева [5].

5. Изотопный состав углерода углекислого газа в отложениях кембрийского НГК ($\delta^{13}\text{C} = 6 \dots -28,8\%$) свидетельствует о поступлении его из

двух источников: органического — при окислении РОВ и нафтидов в процессе сульфатредукции, карбонатного — при декарбонатизации.

6. Наличие изотопно-легкого кальцита ($\delta^{13}\text{C} = -10,2 \dots -13,2\%$) в порых и кавернах пронизаемых горизонтов, удаленных от вышележащей интрузии на расстояние до 1,7—3 ее мощности, свидетельствует об участии в его образовании

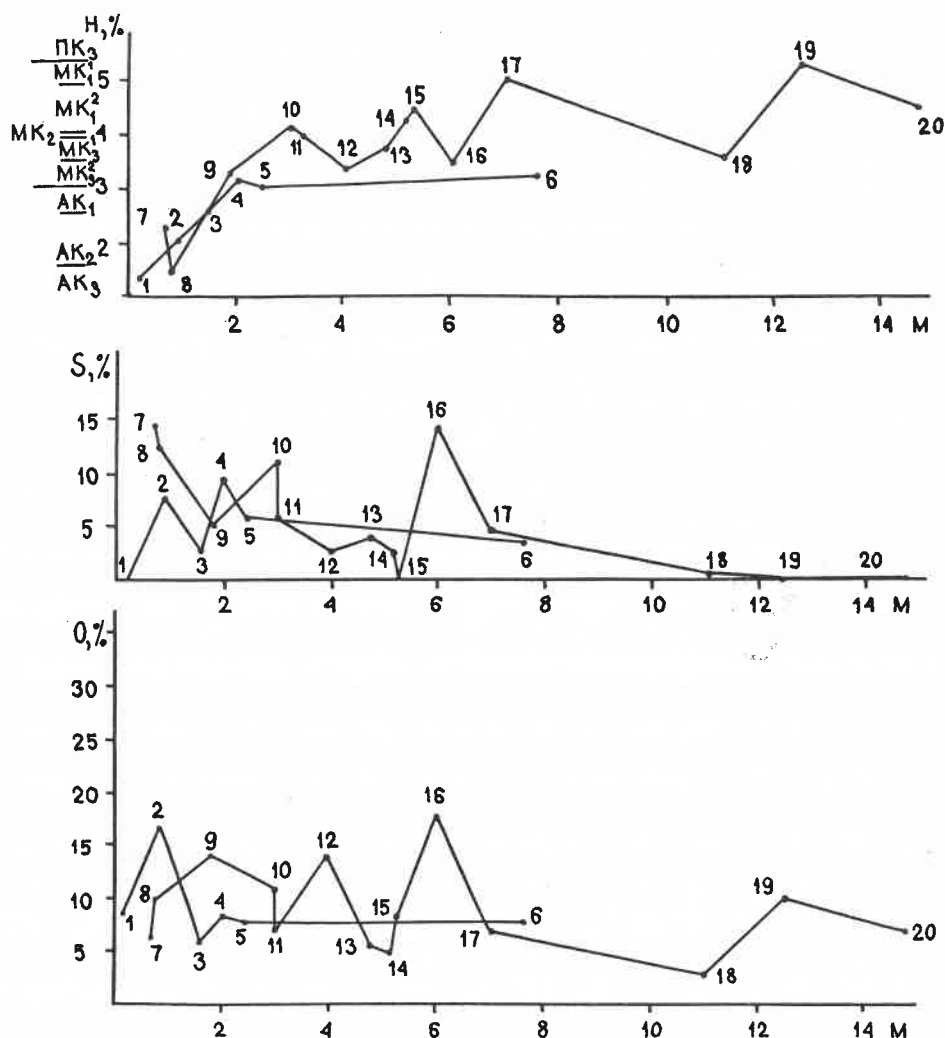


Рис. 1. Графики зависимости содержаний водорода, серы и кислорода в нерастворимой в хлороформе части РОВ от расстояния проб до интрузий (в мощностях интрузий М):

Цифры на графиках соответствуют номерам проб в таблице

изотопно-легкого углекислого газа; возникшего при окислении РОВ и нафтидов в процессе сульфатредукции.

7. Инверсия в породах хлороформенных битумоидов: средние посвитные содержания битумоидов в обогащенных S_{org} пересечениях, подсчитанные для всех скважин, вскрывших кембрийский НГК Южно-Тунгусской НГО, увеличиваются вниз по разрезу. Это обусловлено большей насыщенностью интрузиями верхней части ниже-среднекембрийского разреза и большей его прогреваемостью, что способствовало разрушению битумоидов и уменьшению их остаточных количеств.

8. Широкое развитие в порах и кавернах коллекторских горизонтов пленок твердых метаморфизованных битумов, иногда сохранявших каплевидную форму, доказывающее дотрапповое нефтенасыщение коллекторов и разрушение нефтей под действием траппового прогрева. Элементный состав твердых битумов в данном случае соответствует низшим антраксолитам (таблица, пробы 13, 14, 18, 20).

9. Увеличение преобразованности РОВ по результатам детального изучения до стадии AK_1 — AK_3 на расстоянии от интрузий до 1,8 их мощности, причем в межинтрузивной части разреза (таначинская, дельтулинская, булайская свиты) катагенетическая преобразованность ОВ не опускается ниже стадии MK_3^2 , что соответствует главной зоне газообразования (рис. 1).

10. Наличие интенсивно окисленного и осерненного РОВ на расстоянии от вышележащих интрузий до 6—6,4 их мощности. Это свидетельствует о высокой интенсивности процессов сульфатредукции и окисления РОВ и нафтидов в данных пределах (см. рис. 1, таблицу).

11. Наличие в продуктивных горизонтах сернистых (до 2,04% S), обладающих повышенной ароматичностью нефтей (28,24% аренов во фракции Н.К.-200°C) и уникальных по ароматичности (до 77,01% аренов во фракции Н.К.-200°C), осерненности (до 6,48% S), а иногда и окисленности конденсатов (кислотное число до 55 мг КОН на 100 мл флюида).

12. Отчетливая зависимость состава и свойств

углеводородных флюидов (фазовый состав УВ, содержание CO_2 и H_2S в газах, сернистость и ароматичность конденсатов) в ловушках продуктивных горизонтов от удаленности таких ловушек от интрузий.

При внедрении интрузий непосредственно в продуктивный пласт (здесь и далее рассматриваются пластовые интрузии) образовалось скопление газа с большим содержанием диоксида углерода, сероводородом, низким содержанием тяжелых УВ (таначинский горизонт, Нижнетунгусская залежь). На расстояниях от вышележащих интрузий, соответствующих 0,6—2,6 их мощности, сформировалось скопление сероводородсодержащих метан-углекислых и углекисло-метановых газов с интенсивно осерненным, а иногда и окисленным конденсатом (таначинский горизонт, Таначинское месторождение). В моктаконском горизонте, удаленном от вышележащих интрузий на расстояние 2,4—4,8 их мощности, большая часть нефтей разрушилась, газы содержат примесь CO_2 и H_2S (Усть-Дельтулинское месторождение). Присутствие того или иного количества сернистой нефти фиксируется на расстоянии от интрузий 3,4 их мощности и более (моктаконский горизонт Моктаконского месторождения, нефтепроявление в скв. Намурская 1).

Установленные показатели позволили осуществить прогноз фазового и химического составов скоплений УВ в пределах кембрийского НГК Южно-Тунгусской НГО. Для этого вначале была оценена насыщенность интрузиями двух частей продуктивного разреза. Верхняя часть охватывает область существенного влияния интрузий на таначинскую и дельтулинскую свиты, нижняя — на абакунскую, марскую и моктаконскую. После выяснения региональной насыщенности разреза траппами были построены схематические карты прогноза фазового и химического составов залежей УВ также для двух уровней: таначинской и дельтулинской свиты; абакунской, марской и моктаконской свит (рис. 2).

В верхней части кембрийского НГК Южно-Тунгусской НГО трапповое воздействие было настолько интенсивным, что в настоящее время в ее пределах можно ожидать наличие преимущественно газовых и газоконденсатных залежей УВ со значительным содержанием CO_2 и сернистых соединений (см. рис. 2, а). С учетом выводов о генерации основного количества УВ в пределах таначинской и дельтулинской свит уже на трапповом этапе [4] в пределах наиболее интенсивно интродуцированных (нарушенных) площадей, обладающих низким нефтегазогенерационным потенциалом (невысокие содержания $\text{C}_{\text{орг}}$ и хлороформенных битумоидов), выделена зона преимущественного отсутствия залежей УВ. Наличие залежей в этой зоне возможно только в случае миграции УВ в посттрапповое время из других районов, что не характерно для Южно-Тунгусской НГО.

В нижней части кембрийского НГК трапповое воздействие было менее интенсивным. Поэтому здесь выделяется зона преимущественно нефтегазоконденсатных и газоконденсатных с нефтяными оторочками залежей (с примесью CO_2 и сернистых соединений). На ее фоне выделяется зона более интенсивно преобразованных флюидов: газовых и газоконденсатных со значительным содержанием CO_2 и сернистых соединений (см. рис. 2 б).

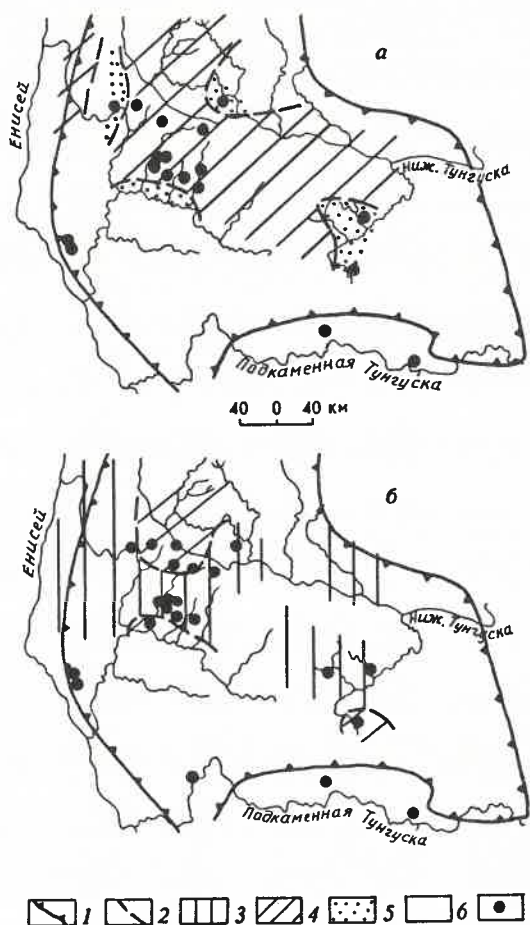


Рис. 2. Схематические карты прогноза фазового и химического составов залежей углеводородов в пределах таначинской и дельтулинской (а), абакунской, марской и моктаконской (б) свит:

1 — границы Южно-Тунгусской НГО; 2 — границы зон; 3 — преимущественно нефтегазовых, нефтегазоконденсатных и газоконденсатных с нефтяными оторочками залежей (с примесью CO_2 и сернистых соединений), 4 — преимущественно газовых и газоконденсатных залежей со значительными содержаниями CO_2 и сернистых соединений, 5 — преимущественного отсутствия залежей; 6 — недоизученные площади; 7 — скважины

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология нефти и газа Сибирской платформы / Под ред. А.Э. Конторовича, В.С.Суркова, А.А.Трофимука. — М.: Недра, 1981.
2. Годовиков А.А. Минералогия. — М.: Недра, 1975.
3. Стратиграфия кедри Бахтинского мегавыступа / Н.В.Мельников, Л.И.Егорова, Л.И.Килина, Т.Р.Кудрина, В.А.Кринин, С.Н.Распутин // Геология и геофизика. 1989. № 3. С. 9—21.
4. Условия формирования залежей углеводородов в кембрийских отложениях западной части Сибирской платформы / С.А.Кашенко, В.А. Кринин, С.Н.Распутин, Ю.А.Филипцов // Поиски и разведка залежей нефти и газа в древних продуктивных коллекторах. Тюмень, 1990. С. 22—34.
5. Филипцов Ю.А., Кашенко С.А. Оценка условий формирования залежей УВ в кембрийских отложениях Южно-Тунгусской НГО по изотопным данным // Геология и геофизика. 1991. № 10. С. 34—41.

Рудное и нерудное минеральное сырье

УДК 551.242

© И.С.Модников, И.В.Сычев, 1994

Принципы количественной оценки ураноносности вулcano-тектонических структур

И.С.МОДНИКОВ, И.В.СЫЧЕВ (ВИМС)

Имеющийся геолого-геохимический материал свидетельствует, что для ураноносных блоков континентальных вулканогенов характерно сочетание процессов длительно (PR_3 — PZ_2) развивавшегося палингенного гранитообразования и более поздней тектоно-магматической активизации (MZ_1 -2). Последняя с наибольшей интенсивностью проявляется в пределах очаговых вулcano-тектонических структур (ВТС), характеризующихся телескопированием продуктов многостадийного и палифацального липаритового, андезитового, базальтового вулканизма и сопровождающего его интрузивного магматизма [1—3].

Такого типа палеовулканические центры, контролируемые долгоживущими разломами, могут быть отнесены к категории сквозькоровых структур повышенной проницаемости. По этим структурам происходила транспортировка магматических расплавов с различных глубинных уровней, сопровождаемая резко аномальными тепловыми и флюидными потоками [2, 4, 6, 7]. При этом возможность образования урановых месторождений различной продуктивности определялась направленностью развития, петрохимической и радиогеохимической специализацией продуктов ранних доактивизационных гранитообразующих процессов и вулcano-плутонического магматизма активизационного этапа, тектоническим режимом формирования ВТС, характером проявления постмагматических гидротермально-метасоматических процессов.

По особенностям развития отмеченных процессов могут быть выделены две группы ВТС областей тектоно-магматической активизации, характеризующиеся специфическими условиями рудообразования, и как следствие, различными масштабами и качеством урановых руд.

ВТС первой группы, отличающиеся наиболее высокой продуктивностью в отношении уранового оруденения, обычно формируются на активизированных гранитогнейсовых куполах фундамента, соответствующих центрам полихронной гранитизации. Для такого типа структур характерно широкое развитие радиогеохимически специализированных субщелочных лейкократовых калиевых палингенно-метасоматических гранитов и продуктов пневматогидротермальных процессов.

Наиболее ярким представителем подобных ВТС является Стрельцовское вулканическое соо-

ружение Южного Приаргунья Восточного Забайкалья. Оно обнаруживает закономерную приуроченность к краевой северо-западной части Аргунского гранито-гнейсового купола, характеризующегося совмещением продуктов полихронной (PR - PZ) гранитизации в местах сопряжения глубинных разломов меридионального и северо-восточного направлений [1].

Гранитообразование сопровождалось перемещением больших масс разнообразных элементов. Наиболее интенсивный привнос в области гранитизации K, U, Th осуществлялся трансмагматическими кремнекалиевыми флюидами на ранних этапах гранитизации (PR_3) при формировании метасоматических гнейсовидных гранитов, что и определило изначальную относительно высокую радиоактивность последних. Общее содержание урана и тория в гнейсовидных гранитах по сравнению с породами субстрата увеличилось в 2—5 раз, что составило 15—20 и 25—30 г/т соответственно. Гранитизирующие флюиды наряду с радиоактивными элементами были обогащены также летучими (F, B, CO_2), редкими щелочами (Cs, Rb) и некоторыми халькофильными (Pb, Sn, Mo и др.) элементами (рис. 1).

Процессы полихронной гранитизации калиевой направленности завершаются интенсивной микроклинизацией, ранней альбитизацией и последующей грейзенизацией, контролируемой тектоническими разрывами. Эти пневматогидротермальные процессы приводили преимущественно к интенсивному перераспределению многих элементов и резкому увеличению их легкомигрантных форм, в т.ч. урана.

В обобщенном виде радиогеохимическая и геохимическая специализации гранитоидов первой группы ВТС могут быть охарактеризованы мультипликативным показателем γ , выраженным в кларках концентрациях (kk):
$$\gamma = \frac{kk(Si \cdot K \cdot Na \cdot U_n)}{kk(U \cdot Th \cdot Rb \cdot F)}$$
 где U_n — легкоподвижный уран (рис. 2).

Как следует из рис. 2, процессы полихронной гранитизации характеризуются закономерным ростом в эволюционном ряду гранитоидов мультипликативного показателя.

Процессы последующей тектоно-магматической активизации гранитизированных блоков выразились в развитии пород базальтового, андези-

тового, дацитового и ультракислого липаритового составов, сформировавшихся в результате длительного, но прерывистого функционирования магматических очагов различной глубинности — мантийных, глубинно-коровых и периферических. Завершают вулcano-плутонический магматизм, как правило, производные глубинной базальтовой магмы, представленные эффузивными и интрузивными образованиями [4, 8].

Магматические породы различного состава и фациальной принадлежности выделяются также резко повышенными содержаниями U и Th (см. рис. 1). В кислых эффузивах порфировой структуры содержание U достигает 11 г/т и более, причем основная его часть (60—90 %) приходится на стекловатый базис пород. Наиболее высокие содержания U и Th, составляющие 20—25 и 40—50 г/т соответственно, характерны для вулканических стекол кислого состава. Последние отличаются также аномальными концентра-

циями летучих (F, CO₂) и редких щелочей. В породах кристаллической структуры отмечается закономерное уменьшение содержаний радиоактивных элементов (см. рис. 1), что обусловлено, как отмечалось некоторыми исследователями [8, 9], выносом U и Th в процессе кристаллизации.

Активизационный магматизм завершается интенсивным проявлением низкотемпературных гидротермально-метасоматических процессов преимущественно кислотного выщелачивания, приводящих к интенсивному перераспределению радиоактивных элементов.

Таким образом, в пределах ВТС первого типа процессы полихронной гранитизации калиевой направленности и более позднего вулcano-плутонического магматизма активизационного этапа предопределили формирование специализированных на радиоактивные элементы формационных комплексов нижнего и верхнего структурных этажей (см. рис. 1).

Главнейшие рудоконтролирующие структуры в такого типа ураноносных ВТС — долгоживущие продольные разломы фундамента скрытого характера. В геофизических полях они выражены в виде сложнопостроенных линейных зон глубинного разуплотнения шириной 6—8 км и протяженностью 15—20 км, уверенно трассируются ореолами калия, фтора и выделяются повышенной газонасыщенностью пород. Для такого типа структур характерно телескопирование метасоматических изменений, развивающихся в определенной временной последовательности. Ранние изменения представлены неравномерно распространенными зонами микроклинизации, альбитизации и грейзенизации, а более поздние — кварц-серицитовыми, карбонат-хлорит-альбитовыми и аргиллизитовыми метасоматитами.

Таким образом, рудоконтролирующие структуры были устойчивыми во времени зонами повышенной проницаемости для глубинных тепловых, флюидных потоков и гидротерм различного состава и возраста. Меняющийся режим кислотности — щелочности метасоматизирующих флюидов при высокой активности углекислоты и фтора обуславливал многократную перегруппировку содержащихся во вмещающих гранитах и гранитизированных породах урана, тория и ряда других элементов (Ti, P, Mo и др.) в зонах влияния отмеченных разломов. Процесс перегруппировки обуславливал прогрессирующее увеличение миграционно способных форм урана, сосредоточенного в легковскрываемых минералах-концентраторах (слоистых силикатах, лейкоксенизированном сфене, собственных минералах урана).

В совокупности отмеченные процессы определили формирование протяженных (15—20 км) зон контрастно выраженной радиогеохимической дифференцированности гранитизированных пород фундамента ВТС, контролируемых тектоническими разломами. Для дифференцированного радиогеохимического поля характерно наличие наряду с зонами локального привноса урана значительно более обширных областей его выноса из рудовмещающих гранитоидов (до $n \cdot 10^{-5}$ % против $n \cdot 10^{-4}$ — $n \cdot 10^{-3}$ % в исходных разностях). Урановые рудные тела локализуются, как правило, в узлах пересечения ветвей продольных разломов развития поперечной и диагональной ори-

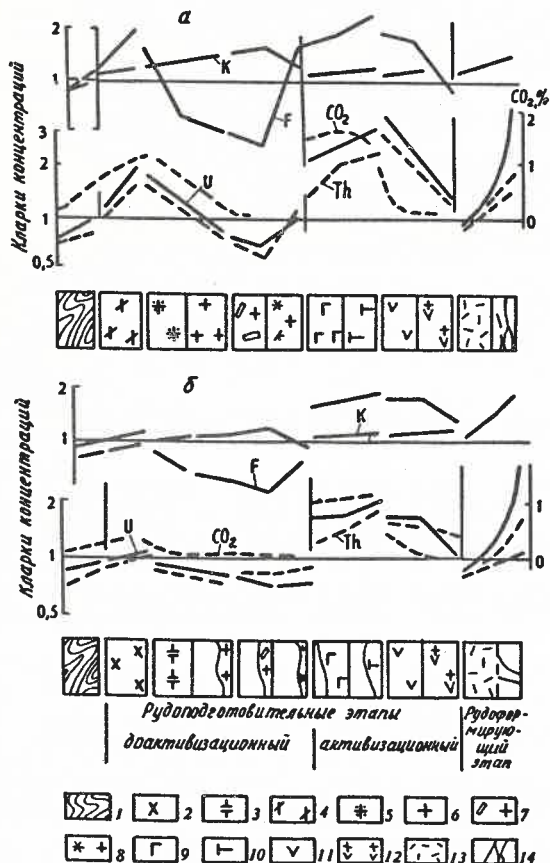


Рис. 1. Поведение макро- и микрокомпонентов в доактивационных и активационных эндогенных процессах ВТС:

а — ВТС с радиогеохимически специализированными комплексами нижнего и верхнего структурных этажей; б — то же, только верхнего этапа; 1 — метаморфические породы субстрата, PR; образования доактивационного этапа, PZ₁—MZ₁: 2 — диориты, 3 — плагиограниты, гранодиориты, 4 — граниты гнейсовидные, 5 — граниты порфировластовые с биотитом, 6 — граниты лейкократовые, 7 — граниты микроклинизированные, 8 — грейзенизация; образования активационного этапа, MZ₂₋₃: 9 — андезитобазальты, трахидациты, 10 — базальты, 11 — фельзиты, липариты, 12 — гранит-порфиры, 13 — аргиллизация, 14 — рудная минерализация

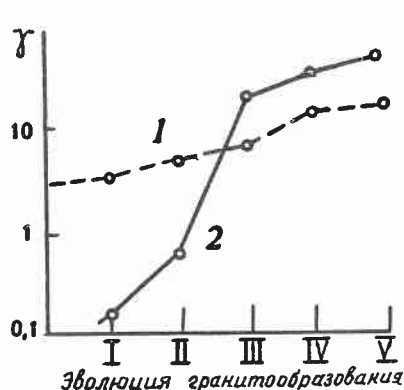


Рис. 2. Изменение мультипликативного показателя γ гранитоидов фундамента ВТС различной ураноносности:

гранитоиды: 1 — ураноносные, 2 — неураноносные; эволюция гранитообразования, граниты: I — гнейсовидные, II — порфириобластовые с биотитом, III — лейкократовые, IV — микроклинизированные, V — альбитизированные

ентирования вблизи отрицательных урановых аномалий (рис. 3). Протяженность отдельных зон дефицита урана составляет многие сотни метров, ширина достигает первых сотен метров.

По данным кернового опробования скважин глубина развития зон дефицита урана достигает 1600—2000 м от земной поверхности (см. рис. 3).

Об активном выщелачивании рудообразующих элементов из вмещающих пород свидетельствуют также данные свинцово-изотопных исследований, подтверждающие наличие в урановых рудах (возраст 125—130 млн лет) древних радиогенных свинцов (возраст 440 и 260 млн лет), синхронных формированию урановых (уранинит) и урансодержащих (монацит, циркон, ксенотим) акцессорных минералов во вмещающих гранитоидах и дефицит содержания урана наблюдаемого по отношению к урану эквивалентному (U_3), рассчитанному по концентрации радиогенного свинца ^{206}Pb (см. рис. 3).

Мобилизации рассеянного урана из вмещающих пород способствовала максимальная растворимость его соединений, обусловленная высокими концентрациями CO_3^{2-} в рудоносном растворе [5, 9]. В диапазоне средне-нижних температур, сопровождающихся появлением значительных концентраций уранил-карбонатных анионов, эти растворы приобретали способность к активному извлечению урана, титана и некоторых других элементов из окружающей среды, их совместной транспортировки и последующего осаждения в благоприятных литолого-структурных обстановках.

В околорудном пространстве урановых залежей наряду с отрицательными урановыми аномалиями обычно фиксируются обширные ореолы радиогенных свинцов. При этом их интенсивность и экстенсивность во многом определяются продуктивностью первоисточника этих ореолов — ^{238}U . Об этом свидетельствуют уровни концентраций урановых свинцов по отношению к ториевому (см. рис. 3). Аномальные концентрации радиогенных свинцов в породах рудного поля ВТС связаны не только с развитием эндогенных ореолов урана, но и долговременной миграцией

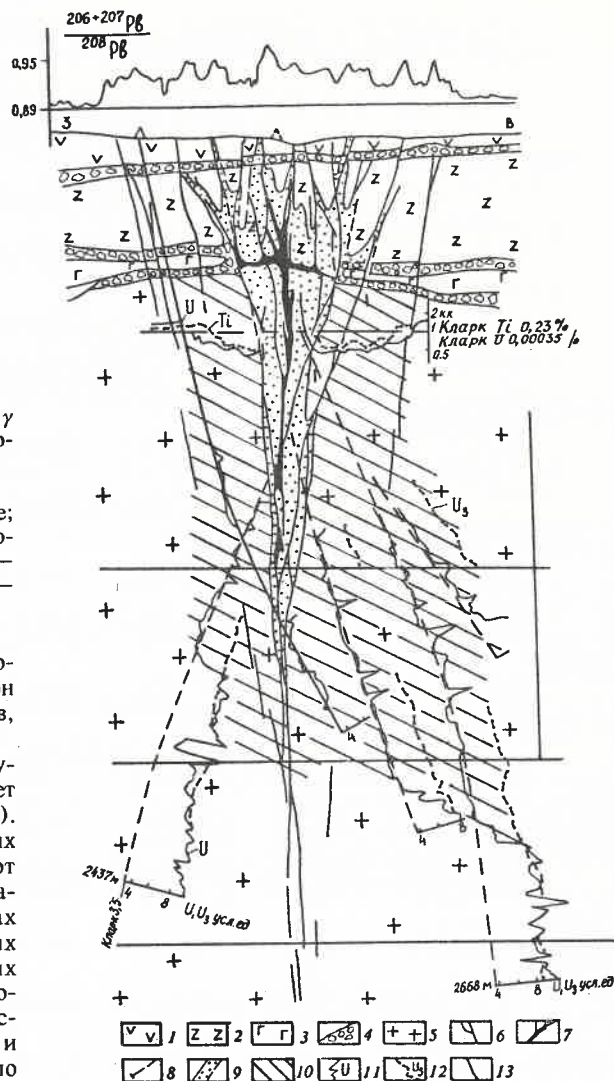


Рис. 3. Условия локализации и радиогеохимические особенности рудоносной зоны ВТС (вертикальный разрез):

1 — фельзиты; 2 — дациты; 3 — базальты; 4 — полимиктовые конгломераты; 5 — граниты фундамента; 6 — тектонические разломы; 7 — рудная минерализация; 8 — скважины колонкового бурения; 9 — ореолы привноса урана; 10 — области выноса урана из вмещающих пород; 11 — график содержания урана; 12 — график содержания урана эквивалентного; 13 — график температуры минералообразования

радиоактивных изотопов при эманировании различных масс урана за счет переноса Rn при газовой диффузии, а также миграции Ra и Rn с грунтовыми водами. В масштабах геологического времени эти процессы приводят к миграции атомов ^{206}Pb за пределы рудных залежей. Интенсивность этого процесса определяется главным образом количеством урана, сосредоточенного в рудоносных зонах, что находит свое определенное соответствие между площадной продуктивностью урановых радиогенных свинцов и масштабами рудных залежей.

Совмещенность в околорудном пространстве ореолов аномальных радиогенных свинцов и мак-

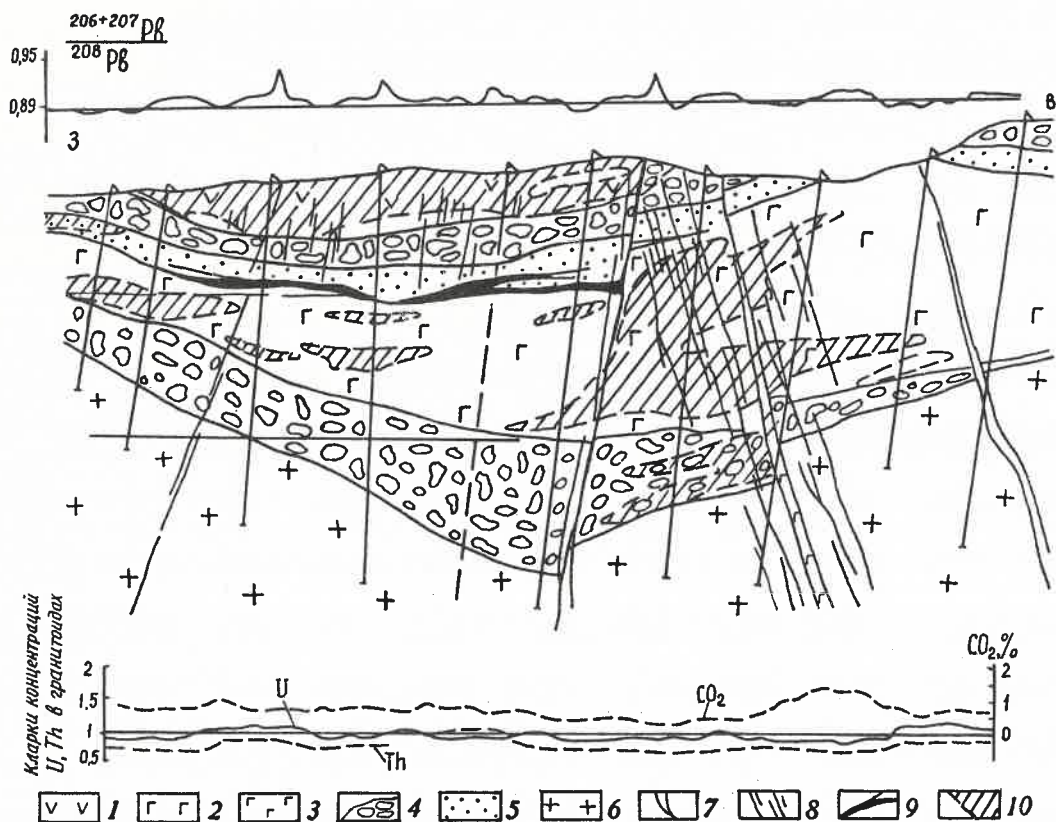


Рис. 4. Условия локализации уранового оруденения в верхнем структурном этапе BTC:

1 — фельзиты; 2 — базальты; 3 — дайки диабазов; 4 — полимиктовые конгломераты; 5 — песчаники; 6 — гранодиориты фундамента; 7 — тектонические разломы; 8 — трещиноватость; 9 — рудная минерализация; 10 — области выноса урана из вмещающих пород

симально дифференцированных радиогеохимических полей, в пределах которых широко развиты области дефицита урана, позволяет осуществлять прогнозную количественную оценку ураноносности BTC.

Проведенная реконструкция в зонах выноса урана первичных его концентраций по содержанию урановых свинцов показывает, что дефицит концентраций урана в таких зонах отражает возможную продуктивность урана в рудных телах.

BTC второй группы, отличающиеся существенно меньшей продуктивностью в отношении уранового оруденения, формируются в блоках с полихронной гранитизацией преимущественно натриевой направленности без признаков радиогеохимической специализации различных структурно-формационных комплексов фундамента.

Характерными представителями BTC подобного типа являются Дорнотская (Северо-Чойболсанский район МНР), Чаулинская (Приташкентский район Узбекистана) и многие другие ураноносные вулканические сооружения (рис. 4, см. рис. 1).

Среди продуктов палингенного гранитоидного магматизма в фундаменте BTC такого типа преобладают гранодиориты, плагиограниты и диориты при резко подчиненном значении субщелочных алясковитых гранитов и крайне ограниченном развитии продуктов пневмато-гидротермаль-

ных процессов (микроклинизация, альбитизация, грейзенизация). Для гранитоидов фундамента различного состава характерны чаще нижекларковые или кларковые содержания радиоактивных элементов с весьма низкими дисперсиями, свидетельствующие о сингенетической природе их накопления (см. рис. 1). Основная масса урана, судя по данным осколковой радиографии, сосредоточена в труднодоступных акцессорных минералах, встречающихся в виде редких мелких рассеянных включений. В рассматриваемых типах BTC процессы перегруппировки и мобилизации урана, а также других элементов в породах фундамента проявились крайне ограниченно и, очевидно, не могли оказать существенного влияния на общую продуктивность рудообразования.

Эволюция палингенно-метасоматического гранитообразования характеризуется иной тенденцией в поведении радиоактивных и других макро- и микрокомпонентов в сравнении с BTC первого типа. Об этом свидетельствует график мультипликативного показателя радиогеохимической специализации гранитоидов, характеризующийся сравнительно низким градиентом (см. рис. 2).

В отличие от гранитоидов фундамента принципиально иными радиогеохимическими и геохимическими особенностями характеризуются

продукты магматизма активизационного этапа, представленные преимущественно вулканитами базальтового, андезитового и ультракислого липаритового состава. Магматические породы, особенно липаритовой серии, обнаруживают отчетливо выраженную радиогеохимическую специализацию (см. рис. 1). Наиболее высокие содержания урана (до 40 г/т) летучих компонентов характерны для широко развитых вулканических стекол кислого состава. В породах более высокой степени раскристаллизации отмечается закономерное уменьшение содержаний урана, что обусловлено, как отмечалось, его высвобождением при кристаллизации магматического расплава. Исключительно интенсивно проявленные в породах вулканогенно-осадочного чехла ВТС низкотемпературные процессы кислотного выщелачивания (аргиллизации) предопределили резко неравномерное распределение урана с переводом значительной его части в миграционное состояние.

Таким образом, в пределах ВТС второго типа радиогеохимическая специализация характерна лишь для продуктов магматизма активизационного этапа. При этом отсутствие радиогеохимической специализации гранитоидов доактивизационного этапа является принципиальной отличительной чертой от высокоспециализированных на уран гранитоидов ВТС первого типа.

Рудоконтролирующие структуры в породах фундамента проявляются в геофизических полях в виде линейных зон слабого разуплотнения. Наиболее четко такого типа структуры фиксируются в вулканогенно-осадочном чехле верхнего структурного этажа ВТС в виде зон крутопадающей трещиноватости с широко развитыми послойными тектоническими срывами. Эти тектонические нарушения трассируются интенсивно проявленными процессами аргиллизации и монтмориллонитизации, в пределах которых, наряду с зонами привноса урана, фиксируются более обширные ореолы его выноса из вмещающих пород.

Развитие аномальных радиогенных свинцов в пределах ВТС носит резко дискретный, чаще локальный характер и наблюдаются главным образом непосредственно лишь у выходов рудоносных зон и основных рудоконтролирующих структур (см. рис. 4).

Основные рудные залежи преимущественно линзо- и пластообразной форм контролируются межформационными срывами, в меньшей степени зонами повышенной крутопадающей трещиноватости, размещающейся в породах вулканогенно-осадочного чехла депрессий вблизи отрицательных (областей выноса) урановых аномалий. Зоны выноса урана формируются исключительно в пределах верхнего структурного этажа, не прослеживаясь в породах фундамента. В тектонических структурах фундамента, гранитоиды которого в литолого-геохимическом и радиогеохимическом плане оказались в недостаточной степени подготовленными для рудообразования предшествующими геологическими процессами, не устанавливается сколь-нибудь существенных проявлений урановой минерализации.

Из приведенных данных следует, что образование урановых руд промышленных масштабов в ВТС областей тектоно-магматической активизации реализуется лишь в том случае, если предшествующие геологические события создают благоприятные предпосылки для накопления, на-

правленной миграции и концентрации урана в определенном геологическом пространстве. Главнейшей предпосылкой образования урановых месторождений особо крупного масштаба являются калиевая направленность полихронной гранитизации ВТС, формирование высокоспециализированных на радиоактивные элементы формационных комплексов нижнего и верхнего структурных этажей, содержащих значительные массы рудообразующих элементов в легкомигрантной форме.

Таким образом, определение продуктивности потенциально перспективных ВТС, должно предусматривать определенную последовательность выявления и картирования основных геолого-геохимических и радиогеохимических предпосылок и признаков уранового оруденения:

выделение геологическими методами ВТС с полихронной гранитизацией, отличающихся телескопированием полифазального базальтового, андезитового, дацитового и ультракислого липаритового магматизма;

построение для такого типа ВТС эволюционных магматических колонок, отражающих поведение макро- и микрокомпонентов в эндогенных продуктах доактивизационного и активизационного этапов и связанных с ними пневматогидротермальных и гидротермальных процессов;

выявление геохимическими и радиогеохимическими методами характера направленности кремнещелочного метасоматоза полихронной гранитизации и особенностей радиогеохимической специализации продуктов рудоподготовки и рудоформирующих этапов ВТС;

выявление геолого-геофизическими и радиогеохимическими методами в пределах потенциально перспективных ВТС долгоживущих разломов, характеризующихся телескопированием продуктов пневматогидротермальных и гидротермальных процессов, резко дифференцированных распределением радиоактивных элементов, где наряду с ореолами привноса урана развиты обширные зоны его выноса;

определение изотопно-радиогеохимическими методами дефицита урана в областях его выноса в различных структурно-формационных комплексах нижнего и верхнего структурных этажей, а также установление интенсивности и экстенсивности развития аномальных радиогенных свинцов в пределах ВТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ишукова Л.П. Геологическое строение Южного Приаргуны в Восточном Забайкалье // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1989 г. № 8. С. 102—113.
2. Казанский В.И., Лавров Н.П. Предполагаемые источники рудного вещества и вопросы эволюции условий эндогенного рудообразования // Гидротермальные месторождения урана. М., 1978. С. 361—368.
3. Модников И.С., Сычев И.В. Условия формирования уранового оруденения в вулканогенных депрессиях проседания // Геология рудных месторождений. 1984. № 1. С. 31—34.
4. Модников И.С., Сычев И.В. Урановое рудообразование в областях континентального вулканизма // Сов. геология. 1987. № 9. С. 44—52.
5. Наумов Г.Б. Основы физико-химической модели уранового рудообразования. — М.: Атомиздат, 1978.
6. Рыбалов Б.Л., Омеляненко Б.И. Источники рудного вещества эндогенных урановых месторождений. — М.: Наука, 1988.

7. Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре. — Л.: Недра, 1974.
8. Шатков Г.А., Шаткова Л.Н. О возможном источнике рудного вещества уран-флюоритовых месторождений // Геология рудных месторождений. 1973. № 4. С. 36—44.

9. Шмариович Е.М., Модников И.С. К проблеме источника урана при рудообразовании // Геология рудных месторождений. 1988. № 5. С. 5—15.

Принята редколлегией 25 апреля 1994 г.

УДК 553.495

© С.С.Наумов, М.В.Шумилин, 1994

Урановые месторождения Алдана

С.С.НАУМОВ (концерн «Геологоразведка»), М.В.ШУМИЛИН (МГРИ)

Урановые месторождения Алдана открыты еще в 60-х годах, однако сложные географо-экономические условия этого района, наличие в бывшем СССР других источников атомного сырья и в целом неблагоприятная мировая конъюнктура до настоящего времени определяют нецелесообразность их промышленного освоения.

С распадом СССР единственным эксплуатируемым источником урана в России остался Стрельцовский урановорудный район в Забайкалье, запасы которого до 2000 г. будут уже существенно истощены [6].

Месторождения Алдана являются наиболее крупными из известных резервных источников урана в России, а инфраструктура этого района существенно улучшится после завершения строительства железнодорожной магистрали Чуман — Якутск на участке до г.Томмот. Есть основания ожидать до 2000 г. и значительного оживления мирового рынка урана.

Месторождения Алдана отличаются своеобразными чертами, ставящими их среди известных в мире типов урановорудных объектов в совершенно особое положение. До настоящего времени в литературе их геологическое строение освещалось слабо, и они описывались как месторождения областей активизации эпипермских кратонов, месторождения золото-урановой формации [1, 3—5, 7].

В открытии и изучении этих месторождений принимали участие специалисты бывшего Мингео СССР (Е.В.Ахалкин, В.А.Евстрахин, А.Л.Лапин, Е.А.Пятов и др.), ВИМСа (Я.Д.Готман, В.С.Мирошников, А.К.Мигута и др.), ИГЭМ АНР (В.И.Казанский, В.А.Крупенников и др.), ВСЕГЕИ (В.М.Терентьев, В.К.Титов, Т.В.Билибина и др.), а также других организаций.

Рассматриваемые месторождения расположены в центральной части Алданского щита в области междуречья р.Алдана и его правого притока р.Тимптон. Эта область отчетливо выделяется даже на мелкомасштабных картах как система концентрических кольцевых структур и узел пересечения разнонаправленных долгоживущих разломов (рис. 1). В геологическом строении района принимают участие образования трех структурных этажей: кристаллического фундамента (ранний архей), платформенного чехла (венд — ранний кембрий) и наложенных грабенов активизационного этапа развития (юра).

В нижнем этаже область эпицентра кольцевых структур представляет собой брахиформную антиклиналь с интенсивно гранитизированным ядром. В венд-раннекембрийское время центральная часть антиклинали испытывала погружение, и в ней накапливались отложения платформен-

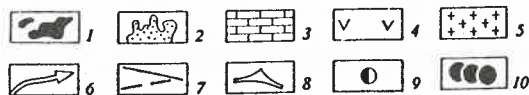
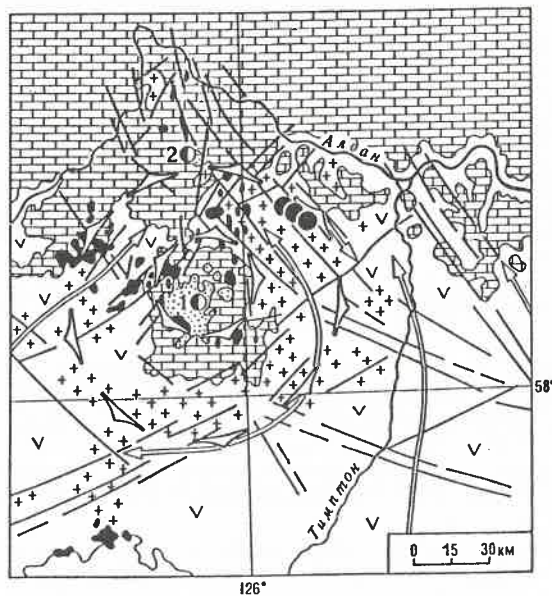


Рис. 1. Геологическая карта Алдан-Тимптонского междуречья центральной части Алданского щита (по В.М.Терентьеву, А.К.Мигуте, В.А.Крупенникову и др.):

1 — интрузии мезозойского активизационного комплекса (щелочные породы); 2 — верхняя юра, терригенные континентальные отложения; 3 — нижний кембрий, известняки и доломиты; 4 — архей, гнейсы, граниты, кристаллические сланцы; 5 — области интенсивного палингенового гранитообразования; 6 — оси главных антиклинорий; 7 — основные разломы; 8 — контуры кольцевых структур по дешифрированию космодатаснимков; 9 — золоторудные месторождения (1 — Лебединое, 2 — Кураны); 10 — урановые месторождения

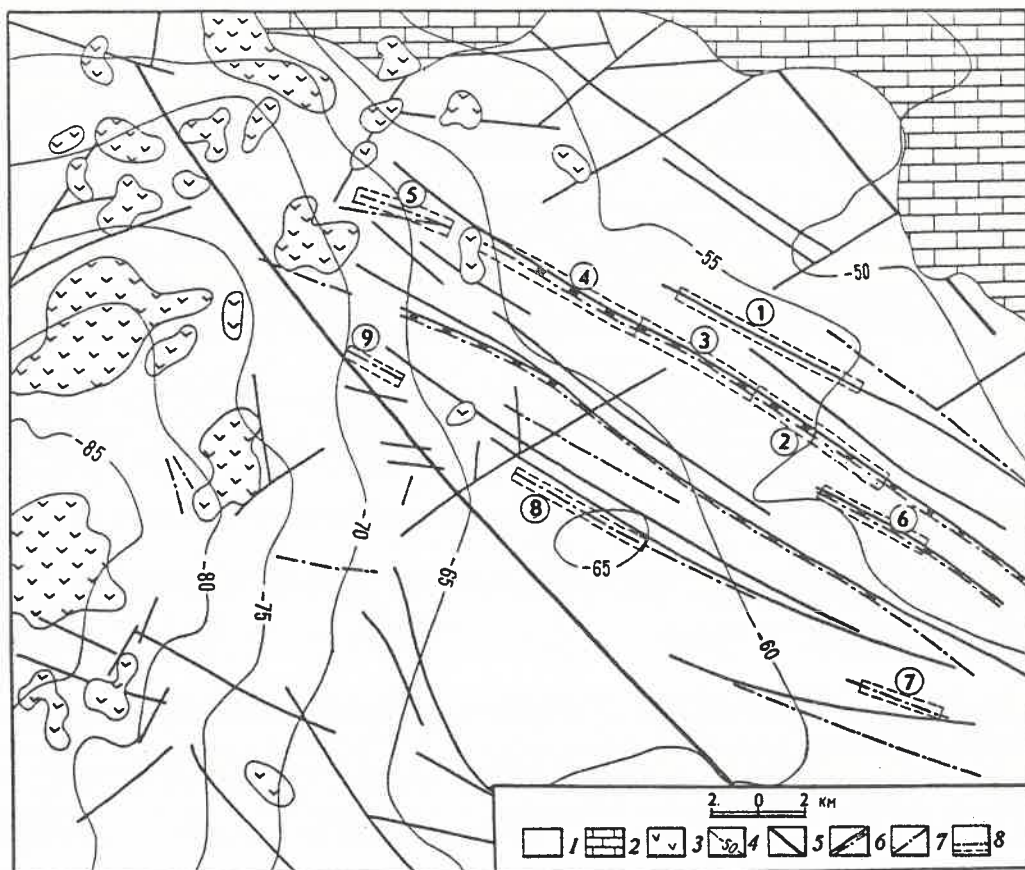


Рис. 2. Геолого-структурная карта района урановых месторождений Алдана (по Е.В. Ахапкину и др.):

1 — архейский кристаллический комплекс, гнейсы, граниты, сланцы; 2 — платформенный чехол, нижнекембрийские известняки и доломиты; 3 — мезозойский интрузивный субвулканический комплекс; 4 — изоаномалы поля силы тяжести, мГал; разломы: 5 — древнего заложения, 6 — подновленные в мезозое, 7 — мезозойского заложения; 8 — рудоносные участки разломов; цифры в кружках — месторождения урана: 1 — Северное; зона Южная: 2 — Дружное, 3 — Курунг, 4 — Эльконское плато, 5 — Элькон, 6 — Весеннее, 7 — Агдинское, 8 — Снежное, 9 — Интересное

ного чехла мощностью до 700 м. В среднем-позднем мезозое и триасе вся область развивалась в режиме медленного устойчивого воздымания, а с ранней юры испытывала интенсивную тектоно-магнетическую активизацию. Последняя выражалась в дифференцированных блоковых движениях с образованием системы грабенов, развивающихся преимущественно в центральной части, и горстов, тяготеющих к периферической части района. Одновременно происходило внедрение субвулканических интрузий щелочного комплекса, развивавшихся преимущественно в северо-западном сегменте района. По составу и возрасту среди этих интрузий выделяются несколько групп. Наиболее ранние (188—158 млн лет) трахитовые плагиопорфиры, бостониты, керсантиты и минетты образуют преимущественно плитообразные пологие тела. Следующие во времени (140—130 млн лет) — авгитроговообманковые сиениты, мондониты, нефелиновые сиениты, малиниты, шонкиниты и другие образуют штоки, лакколиты и дайки. Наиболее поздние (120—107 млн лет) — дайки и штоки эгириновых гранитов, а также дайки сельвсбергитов и тингуаитов [3—5, 7].

Общая металлогения района характеризуется

развитием в основном золоторудной минерализации. Месторождения золота представлены своеобразными стратиформными концентрациями этого металла в базальных слоях верхнеюрских отложений наложенных грабенов (Куранахское, Лебединое), а также россыпями.

Урановые месторождения тяготеют к Эльконскому горсту, представляющему собой поднятый блок архейского основания, прорванный серией щелочных интрузий активизационного комплекса и разбитый серией разломов, среди которых выделяются архейские, протерозойские, палеозойские, мезозойские и, вероятно, более молодые разрывы, часто наследующие друг друга. В современном рельефе Эльконский горст предстает в виде обособленного горного массива с абсолютными высотами более 1500 м и относительными превышениями 500—1000 м, что свидетельствует о продолжении тектонических движений вплоть до новейшего времени.

Мезозойские интрузии, представленные лакколитами, штоками, силлами и дайками обнажены в северо-западной части горста (рис. 2). Участку их максимального развития соответствует локальный гравитационный минимум. Общий характер гравитационного поля позволяет пред-

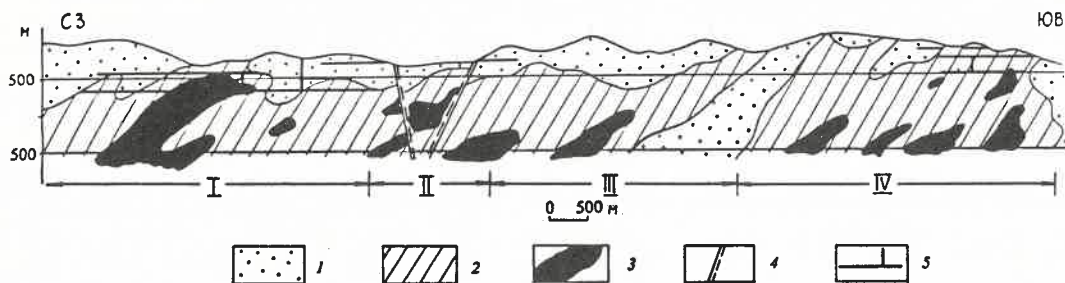


Рис. 3. Проекция на продольную вертикальную плоскость центральной части зоны Южная:

1 — участки с забалансовой продуктивностью; 2 — участки с рядовой продуктивностью; 3 — участки с высокой продуктивностью; 4 — крупные пострудные нарушения; 5 — разведочные горные выработки; месторождения: I — Эльконское плато, II — Курунг, III — участок Непроходимый, IV — Дружное

положить, что на глубине эти тела сливаются в единый массив, кровля которого при общем погружении к востоку осложнена локальными поднятиями, не достигающими дневной поверхности. Относительно крупные интрузии сложены в основном сиенитами, монцонитами и малинитами, относящимися к ранним магматическим образованиям. Мелкие тела и дайки чрезвычайно разнообразны по составу, и среди них встречаются наиболее поздние селъсбергиты, тингуаиты и эгириновые граниты.

Среди разрывных нарушений района выделены три группы:

древние, синхронные процессам ультраметаморфизма архейских пород (раннепротерозойские?);

подновленные, характеризующиеся развитием мезозойских тектонитов и метасоматитов по древним тектонитам;

молодые, характеризующиеся развитием мезозойских тектонитов и метасоматитов по ненарушенным архейским породам.

Основной каркас структуры рудного поля образуют древние и подновленные нарушения, однако урановое оруденение развивается только по подновленным и молодым разрывам. Главной рудовмещающей структурой является т.н. зона Южная, представляющая собой подновленный в мезозое древний тектонический шов протяженностью 30 км и более. По структурным и вещественным особенностям в пределах зоны Южная выделяются участки, рассматриваемые как отдельные месторождения: Дружное, Курунг, Эльконское плато, Элькон и др. (см. рис. 2). Вместе с тем, центральный участок зоны протяженностью около 20 км по существу представляет собой одно гигантское месторождение с серией четкой и кулисообразно расположенных линейных (жилообразных) штокверковых тел. Урановое оруденение известно также в параллельных подобных структурах (месторождения Северное, Весеннее) и обособленных молодых разломах (Агдинское, Снежное, Интересное). Характерно, что наиболее продуктивный участок зоны Южная и крупнейшие из прочих месторождений тяготеют к участку выравнивания поля силы тяжести, возможно фиксирующему локальное поднятие глубинного массива мезозойских магматитов (см. рис. 2). В то же время, урановое оруденение отмечается далеко не во всех сходных по типу

разрывах. Так, крупная зона Сохолоохская, расположенная к югу от зоны Южная и аналогичная ей по строению, значимых концентраций урана не содержит.

Особенность всех урановых месторождений Алдана — относительно слабая проявленность оруденения на поверхности. Верхняя граница промышленных руд почти повсеместно расположена на глубинах 200—500 м, а наиболее продуктивные участки (рудные столбы) становятся многочисленными на глубинах 1 км и более. В то же время нижняя граница руд остается неопределенной, а максимальные глубины подсечения рудных тел скважинами составляют около 2 км. Таким образом, современный эрозионный срез месторождений представляется весьма небольшим (рис. 3).

Для всех месторождений характерно широкое проявление своеобразного предрудного метасоматоза. Наиболее ранние — серицит-карбонат-хлоритовые метасоматиты с эпидотом и гематитом, которые сохраняются в виде реликтов среди более поздних пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, образующих вдоль контролирующих нарушений выдержанные зоны мощностью десятки метров. Образованию урановых руд предшествуют дробление и катаклаз метасоматически измененных пород, с формированием брекчиевых швов, в которых обломки метасоматитов цементируются урановой минерализацией. Мощность отдельных швов обычно не превышает нескольких сантиметров, а протяженность — первых метров. Однако, как правило, швы образуют сложные системы (тела) типа линейных (жилообразных) штокверков протяженностью 500—700 м и мощностью 0,5 — 10 м и более.

Обычно отмечаются 3—5 таких тел, субпараллельно и кулисообразно расположенных в пределах зоны ранних метасоматитов. Сгустки таких тел образуют в продольной плоскости зон рудные столбы, имеющие преимущественно северо-западное склонение (см. рис. 3). Внутреннее строение урановорудных образований определяет отчетливую обратную корреляцию их мощности и содержания урана. Максимальные содержания отвечают обособленным рудным брекчиевым швам, мощность которых невелика. Мощные интервалы, слагаемые системами швов и разделяющих их безрудных пород, характеризуются пониженным содержанием. В пострудную стадию

на месторождениях протекали процессы окварцевания и карбонатизации [4, 7].

Основной урановый минерал на всех месторождениях — титанат урана — браннерит. Браннерит месторождений Алдана существенно отличается от известного торий-редкоземельно-уранового аналога [2]. Торий и редкие земли в нем практически отсутствуют, однако имеются примеси вольфрама, ниобия и молибдена. Минерал также сильно гидратирован и обычно имеет вид колломорфных масс. Пострудные процессы в большинстве случаев приводят к его полному разложению с превращением в аморфный агрегат, в значительной степени состоящий из урансодержащего диоксида титана. Указанные особенности браннерита урановых руд месторождений Алдана определяют относительно легкую их вскрываемость технологическими растворами.

Помимо браннерита, типоморфными минералами руд являются сульфиды, из которых наиболее распространены пирит и молибденит. На ряде месторождений пирит золотоносен. Повышенные содержания золота характерны для месторождений северо-западного фланга рудного поля, а молибдена — для месторождений юго-восточного фланга. Юго-восточное окончание зоны Южная при отсутствии промышленных концентраций урана характеризуется такими содержаниями молибдена, которые позволяют рассматривать этот участок как молибденовое месторождение.

Абсолютный возраст урановых руд Алданских месторождений составляет 150—130 млн лет. По геологическим данным, оруденение моложе ранних фаций пород мезозойского интрузивного комплекса, но древнее наиболее поздних из них (сельсбергитов, тингуаитов и др.). Таким образом, урановое оруденение по возрасту оказывается промежуточным по отношению к крайним членам мезозойского магматического комплекса. Температура образования руд по данным термобарометрии составляет 200—230°C [4].

В целом урановые месторождения Алдана могут быть отнесены к жильным гидротермальным образованиям средних и малых глубин. Однако ряд особенностей ставит их в совершенно особое положение среди подобных объектов других районов мира. К таким особенностям прежде всего следует отнести необычно большие масштабы проявления оруденения. Общая площадь рудного поля превышает здесь 150 км², а месторождения зоны Южная образуют почти непрерывную жильную систему протяженностью более 25 км при прослеженной глубине распространения руд более 2 км. Необычным для урановых месторождений являются тесная парагенетическая связь с интрузивным комплексом и возрастное положение оруденения между ранними и наиболее поздними магматитами. Совершенно своеобразна калиевая специализация метасоматических про-

цессов. Наконец, вещественный состав руд, представленных низкотемпературным, безториевым, метамиктным титанатом, также не имеет аналогов в мире.

Запасы месторождений Эльконское плато, Курунг и Дружное разведаны в степени, определяющей подготовленность их для промышленного освоения. Разведанность остальных месторождений отвечает предварительной стадии. Для руд разработаны технологические схемы, обеспечивающие высокое извлечение урана и попутных золота и молибдена, при одновременной утилизации пирита как сырья сернокислотного производства. К осложняющим факторам эксплуатации относятся сравнительно высокая обводненность некоторых участков рудоносных тектонических зон, обусловленная гидравлической связью с поверхностными водотоками по открытым неотектоническим трещинам.

Месторождения Алдана в настоящее время представляются единственным источником атомного сырья в России, способным при изменении конъюнктуры цен на уран обеспечить сохранение ее роли, как одного из ведущих депозитариев урановых руд в следующем столетии. Наличие этих месторождений свидетельствует также о высоком не реализованном прогнозом потенциале Алданского щита, в т.ч. на выявление новых месторождений урана с богатыми, комплексными рудами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойцов В.Е. Месторождения золото-урановой формации в калиевых метасоматитах (гумбеитах) // Геология месторождений урана. М., 1989. С. 110—118.
2. Готман Л.Д., Полякова В.М., Мизута А.К. О новой разновидности браннерита // Докл. АН СССР. 1968. Т. 179. № 2. С. 429—430.
3. Казанский В.И., Лаверов Н.П., Тугаринов А.И. Гидротермальные торий-урановые и титан-урановые месторождения // Эволюция уранового рудообразования. М., 1985. С. 147—152.
4. Крупенников В.А. Урановые (браннеритовые) месторождения в разломах фундамента эппархейских кратонов // Гидротермальные месторождения урана. М., 1978. С. 128—138.
5. Лаверов Н.П., Шумилин М.В., Мельников И.В., Лучин И.А. Справочник геолога по поискам и разведке месторождений урана. — М.: Недра, 1989.
6. Наумов С.С., Шумилин М.В. Основные промышленные типы урановых месторождений стран Содружества, опыт их поисков, ускоренной разведки и подготовки к освоению // Разведка и охрана недр. 1992. № 5. С. 5—7.
7. Титов В.К. Урановые месторождения в калиевых метасоматитах по метаморфическим, ультраметаморфическим и щелочным магматическим породам в областях тектоно-магматической активизации щитов // Промышленные типы урановых месторождений и методика их поисков. Л., 1984. С. 63—69.

Особенности локализации, строения и состава крупных и уникальных месторождений цветных и благородных металлов

И.Н.ТОМСОН, О.П.ПОЛЯКОВА (ИГЕМ)

Уникальные и крупные месторождения являются аномальными объектами как по условиям образования, так и по особенностям состава. Знание этих особенностей имеет значение для оценки новых месторождений, а также при прогнозе и поисках. С этой целью сделан предлагаемый обзор признаков, сопутствующих крупным рудным объектам. Ранее мы неоднократно обращались к этой теме [20, 21]. Сейчас совокупность признаков можно существенно пополнить за счет разрозненных сведений, которые появились в последние годы.

Масштабы месторождений. Вариации по размерам запасов у различных месторождений металлов очень велики. Выделяемые среди них градации условны. П.Лажничка [26] выделяет семь градаций месторождений: супергиганты, гиганты, крупные, средние, мелкие, очень мелкие, крошечные с различием запасов между соседними на порядок. В отечественной практике обычно выделяют четыре градации: уникальные, крупные, средние, мелкие [9].

Число крупных и уникальных месторождений очень невелико. Соотношение крупных, средних и мелких по А.В.Соловю (1968) составляет 1:7:49, а по Г.А.Булкину (1984) — 1:9:90. Таким образом, крупные и уникальные объекты являются аномальными на фоне наиболее распространенных «обычных» месторождений. Некоторые особенности состава и изотопии металлов свидетельствуют об особом происхождении класса крупных и уникальных месторождений.

Вместе с тем на долю крупных и уникальных приходится около 65 % общих запасов, поэтому их специфические особенности заслуживают специального изучения. Часто используемая в России условная шкала масштабов для крупных и средних (низший предел) составляет по меди 1 млн т и порядка 200 тыс. т металла, для свинца от 1000 и 500 тыс. т, для цинка от 2000 и 700 тыс. т, для золота от 100 и порядка 70 т, для олова от 100 и 20 тыс. т, для вольфрама от 70 и порядка 10 тыс. т, для молибдена от 50 и порядка 5 тыс. т, для сурьмы от 100 и порядка 50 тыс. т. Естественно, что масштабы промышленных запасов месторождений зависят от принятых для конкретных условий кондиций.

Условия локализации крупных месторождений. Региональные условия размещения крупных рудных объектов имеют свои особенности, отличающие их от условий локализации средних и мелких месторождений.

Среди тектонических структур с повышенной рудоносностью выделяют рифтовые впадины, «жесткие» выступы основания, срединные массивы, особенно их периферические зоны, выступающие углы в сторону складчатых областей. Уровень рудоносности резко повышается при наложении процессов тектоно-магматической активизации.

В геологической истории выделяются также отдельные периоды, которые можно именовать эпохами массового рудообразования — интервалы времени интенсивного развития оруденения,

которое приобретало глобальный размах. В качестве примера можно назвать период 17—12 млн лет в альпийских поясах. В Тихоокеанском поясе тогда образовались месторождения типа Кууроко в Японии, олово-вольфрамовые и олово-серебряные в Боливии, золото-серебряные в США.

Особая роль в локализации крупных месторождений принадлежит линеаментам рудоконтролирующего типа. Их пересечения с другими линеаментами образуют узлы длительной эндогенной активности (по терминологии М.А.Фаворской [23]).

Характеристика линементов рудоконцентрирующего типа приводилась нами ранее совместно с М.А.Фаворской и другими коллегами [23]. Особенность этих дислокаций — их влияние на интенсивность рудообразующих процессов и, в конечном счете, на масштабы оруденения, тогда как специализация руд контролируется пересекемыми ими металлогеническими зонами.

Ранее были охарактеризованы широтные линейные дислокации рудоконцентрирующего типа в Приморье и на западе США. В последнем регионе крупные и уникальные рудные объекты расположены в узлах пересечения широтных дислокаций (на продолжении трансформных разломов дна океана) с рудными поясами северо-восточного простираения.

В подобных узлах локализуются, например, такие крупные объекты, как Керд Аллен, Бьютт, Карлин, Бингем, Тинтик, Гендерсон, Голфилд, Крипл-Крик и др. (рис. 1).

Как отмечали ранее В.В.Попов [17] и В.Д.Баранов [1], в пределах Рудного Алтая крупные полиметаллические месторождения локализуются в узлах пересечения широтных зон разломов фундамента с северо-западными структурами основного структурного плана. Небольшие месторождения удалены от центра этих узлов и находятся на их периферии. Рудные поля этих месторождений можно отнести к узловому типу, где важное рудоконтролирующее значение имеют совмещенные радиально-концентрические структуры.

Сквозные рудоконцентрирующие структуры сопровождаются эманацией флюидов. Как отмечали В.А.Прокин с соавторами [19] на примере Урала и Казахстана, крупные рудные объекты, контролируемые этими линеаментами, отличаются самыми контрастными и обширными гелиевыми и газогидрохимическими аномалиями. Для сквозных структур характерны также региональные пояса метасоматитов, например, турмалиновые в Забайкалье [23].

Крупные рудные объекты эпитепимального класса, а также стратиформного типа, тяготеющие к наложенным рифтовым впадинам занимают совершенно особую структурную позицию. На примере некоторых крупных объектов, приуроченных к грабенам, выясняется, что они локализуются в узлах скрещения разноориентированных впадин. В подобной обстановке, например, локализуется уникальный Балейский узел

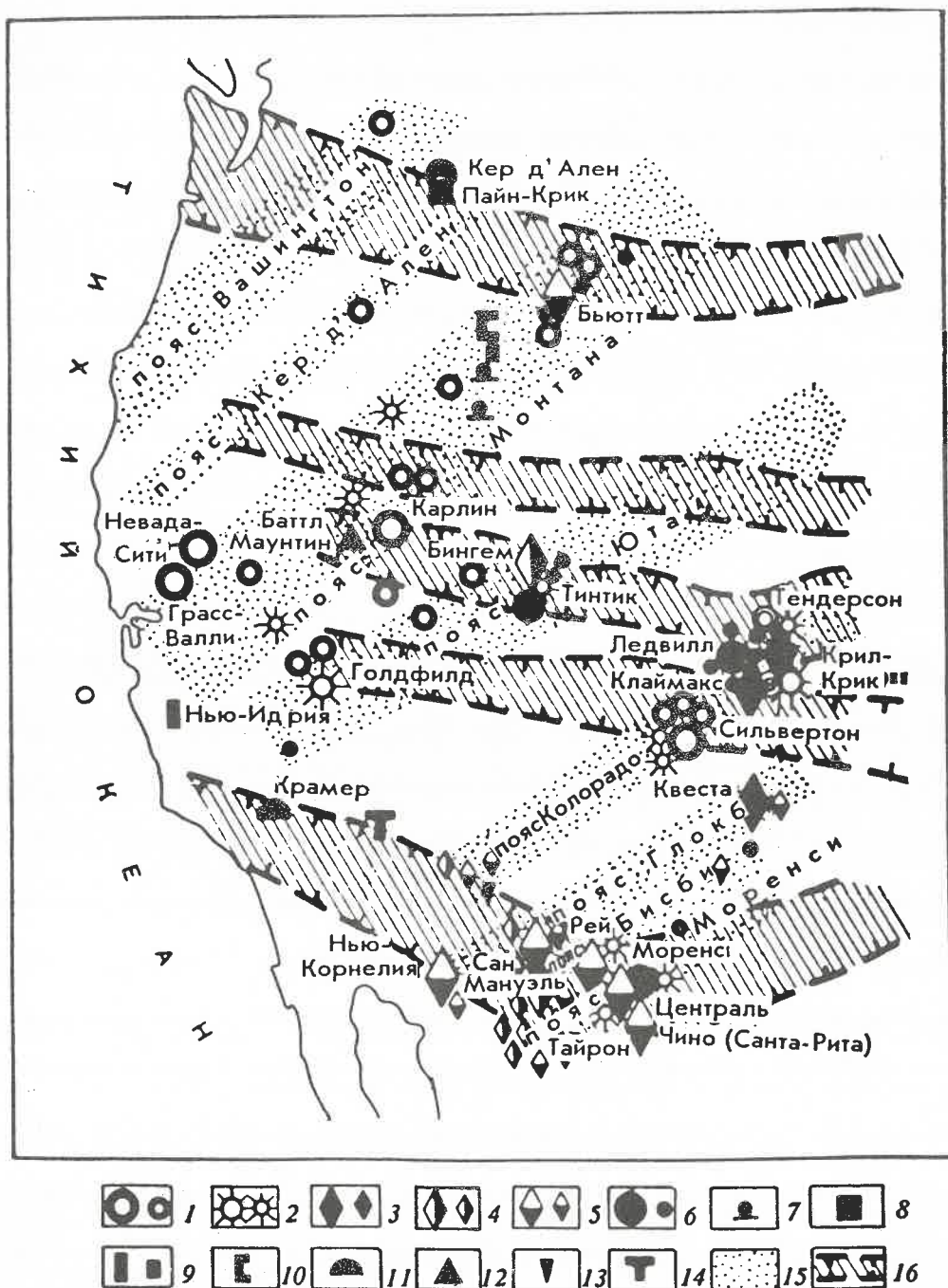


Рис. 1. Месторождения на западе США:

1 — золоторудные (крупными значками выделены уникальные по запасам); 2 — золото-серебряные; 3 — молибденовые; 4 — медно-молибденовые; 5 — медные; 6 — свинцово-цинково-серебряные; 7 — свинцово-серебряные; 8 — вольфрамовые; 9 — ртутные; 10 — кобальтовые; 11 — бора; 12 — барит-сурьмяные; 13 — железорудные; 14 — редких элементов; 15 — рудные пояса по Лендверу (1967); 16 — зоны широтных линейментов

Забайкалья, где Ундино-Даинская впадина перекрещивается с поперечным меловым желобом, который выделен Ю.П.Писцовым [16] на палеосхеме (рис. 2).

В сходной структурной обстановке локализуется уникальная Атасуйская группа месторождений Казахстана, приуроченная к узлу пересечения Успенского и Атасуйского прогибов (рис. 3).

На примере урановых месторождений Северного Казахстана установлено, что масштаб ору-денения, приуроченного к приразломным впадинам, коррелируется с амплитудой смещения по разломам. По данным Л.В.Хорьшилова [24], крупные урановые месторождения локализуются в тех интервалах впадин, которые отличаются повышенной амплитудой смещения по приборто-

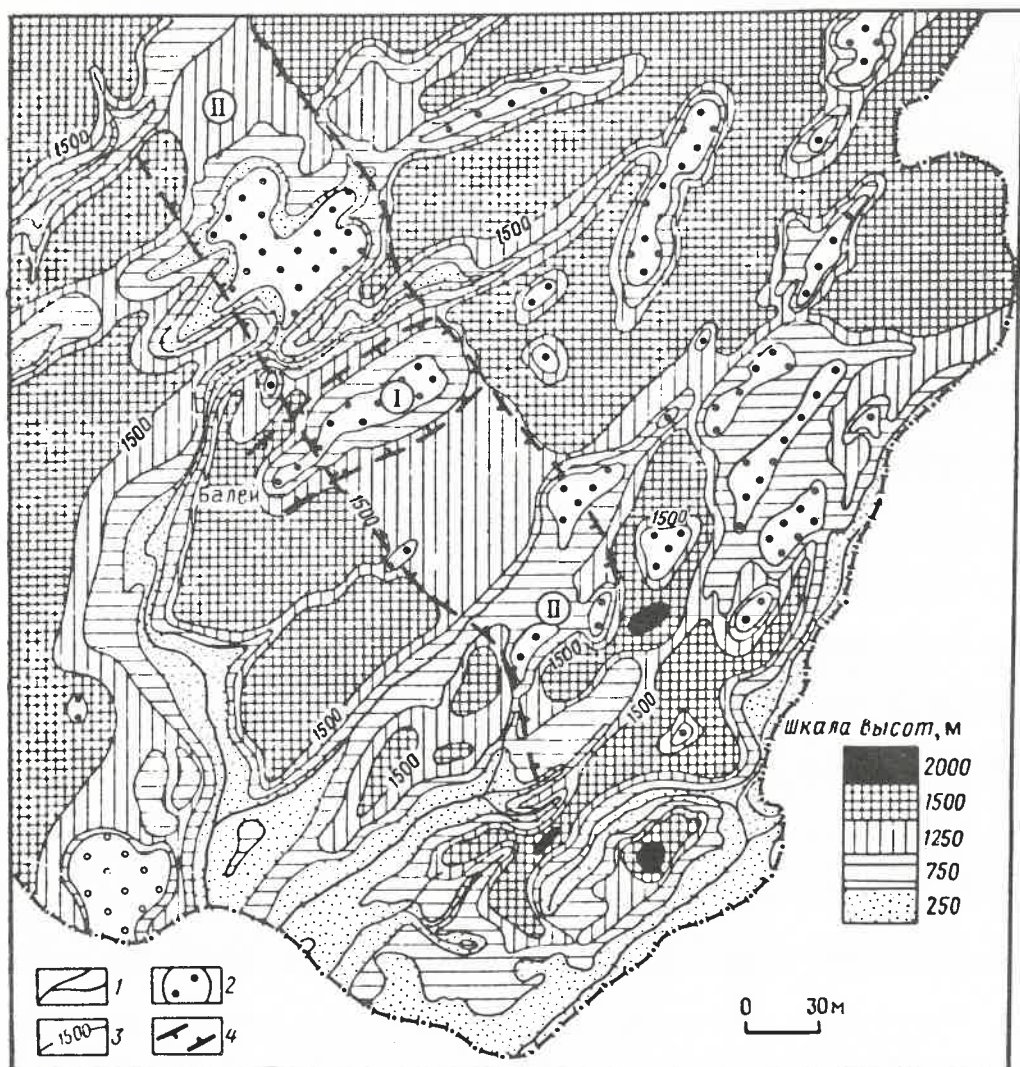


Рис. 2. Модель раннемелового рельефа Восточного Забайкалья (по Ю.П.Писцову, 1986):

1 — палеореки; 2 — палеозера; 3 — горизонталы, м; 4 — линейные впадины: I — Ундино-Даинская, II — Нерча-Газимурская

вым разломам. Увеличение амплитуды смещения, вероятно, связано с существованием поперечного прогиба.

По данным Л.И.Брянского [3], крупные рудные районы и узлы характеризуются многоуровневыми глубинными разуплотнениями. Крупные месторождения отличаются также разнообразием структурно-морфологических типов рудных тел. В подобных рудных полях встречаются трубы, манто, линзы, жилы. Особая роль принадлежит первым. Так, на примере Дальнегорского, Тырнаузского и других скарновых месторождений можно говорить о большом значении трубообразных тел, где концентрации металлов выше (нередко в 2 раза), чем в телах линзовидного типа. Значительно выше концентрация полиметаллов в трубчатых телах месторождения Санта Евлалия, а также Дальнегорского узла, где различия в содержаниях металлов отчетливее по сравнению с линзами месторождений Партизанской группы и труб более крупных месторождений Верхнее и Николаевское.

Минерализованные трубы брекчий на месторождениях порфирового типа отличаются высокими содержаниями полезных компонентов. Чем больше объем трубчатых тел, тем крупнее масштабы оруденения. Это относится и к золото-серебряному оруденению, где, например, содержание благородных металлов в трубке Крессон (месторождение Крипл-Крик) выше обычного для золото-серебряных жил. На крупных жильных месторождениях нередко большая часть запасов приурочена к столбам. Так, например, на уникальном серебряно-золотом месторождении Гуанохуато (Мексика) содержания серебра и золота (в г/т) в жилах составляют 10 и 0,1 соответственно, а в столбах 450 и 2,5 [4].

По данным В.В.Попова [17], крупные полиметаллические месторождения Рудного Алтая сопровождаются оруденелыми экспозивными брекчиями, тогда как на месторождениях умеренных и небольших масштабов такие образования отсутствуют.

Можно также отметить, что в рудных полях крупных месторождений различного типа неред-

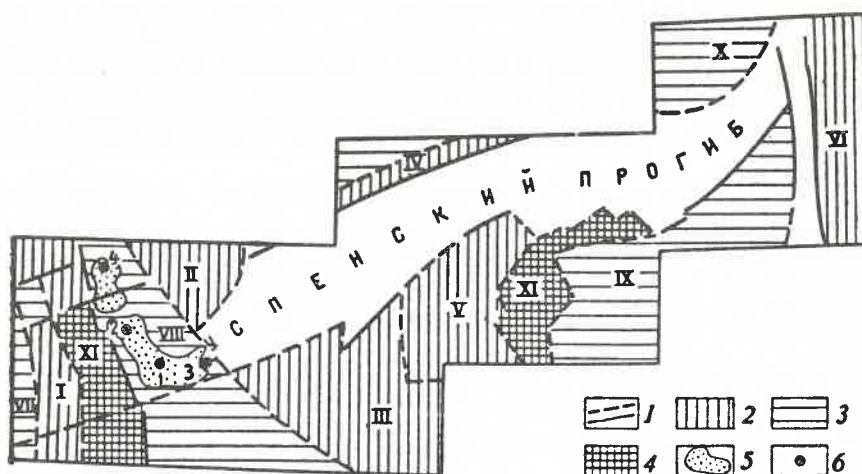


Рис. 3. Структурная схема Успенской зоны. (составили по геофизическим данным Т.Р.Бекжанов и др., 1969):

1 — глубинные разломы шовного характера и глубинные разломы, ограничивающие структурные блоки; 2 — поднятия (I — Конуртубинское, II — Атасуйское, III — Актау-Монитинское, IV — Тектурмасское, V — Жаман-Сарысуйское, VI — Акбастауское); 3 — прогибы (VII — Джезказганский, VIII — Атасуйский, IX — Токрауский, X — Айнасуйский); 4 — переходные зоны (XI) в пределах узла пересечения Успенского и Атасуйского прогибов; 5 — вложенные прогибы; 6 — месторождения атасуйского типа (1 — Каражал, 2 — Жайрем, 3 — Шонтас, 4 — Ушлатын)

ко устанавливаются горизонты рудокластов. Так, например, они известны на Дукатском серебряном рудном поле, золоторудном месторождении Кубака, на крупных колчеданных месторождениях Урала, на крупных медно-порфировых месторождениях Майдапек и Бор. Присутствие рудокласта — одно из свидетельств полихронности образования руд.

Особенность крупных рудных объектов — большая протяженность на глубину рудных тел (около 1 км) при слабой изменчивости состава.

Условия образования и особенности состава крупных месторождений. Одним из ведущих факторов концентрации оруденения является полихронность образования месторождений в несколько этапов и множество стадий. Чень Го Да именует подобные месторождения полигенетическими. Среди них есть месторождения, образованные в результате как эндогенных, так и экзогенных процессов. Один из примеров — осадочно-гидротермальное месторождение Байун-обо, где осадочные руды железа совмещены с эндогенной железо-редкоземельно-ниобиевой минерализацией. На полигенетических месторождениях может быть совмещена минерализация различных генетических и морфологических типов. Так, например, на Вознесенском месторождении совмещены скарны с полиметаллическим оруденением, редкометалльные альбититы, кварц-топазовые слюдисто-флюоритовые апокарбонатные грейзены (берилл-флюоритовые руды). Завершающей является гидротермальная минерализация. При воздействии различных процессов могли происходить мобилизация, переотложение, обогащение рассеянных рудных концентраций, что приводит к образованию крупных рудных объектов.

Н.П.Лаверов [12], анализировавший условия образования крупных и уникальных урановых месторождений, пришел к выводу об их полихронном образовании, причем в них обычно

совмещены различные генетические типы оруденения.

Для крупных рудных объектов характерно также проявление «рудоподготовительных» процессов, когда образуются крупные объемы пород с повышенным геохимическим фоном металлов. К числу таких процессов можно отнести формирование биотитовых и углеродистых метасоматитов, которое происходило в восстановительных условиях. На многих крупных месторождениях различных типов широко развита углеродизация пород, которая проявляется в форме графит-ильменитового метасоматоза с привнесом металлов, отложенных в самородной форме и в виде карбидов. Так, на полигенном редкометалльно-флюоритовом месторождении Вознесенка известны шунгитовые сланцы, а карбонатные толщи превращены в черные (углеродистые) доломиты.

Крупные золоторудные месторождения золото-сульфидной тонковкрапленной формации развиваются на фоне углеродистых сланцев или углеродизированных карбонатных пород с повышенными содержаниями золота. Примерами могут служить крупные месторождения Мурунтау, Кумтор, Майское, а также оруденение типа Карлин. Последующая гидротермальная переработка углеродистых или биотитовых метасоматитов приводила к мобилизации, переотложению и концентрации металлов.

Особая закономерность, присущая некоторым полихронным месторождениям — ярусное оруденение, заключающееся в обособленном размещении систем разновозрастных рудных тел на различных гипсометрических уровнях. Можно даже говорить о группе сближенных месторождений, суммарные запасы которых позволяют относить их к крупным рудным объектам. На упомянутом Вознесенском месторождении выделяются ярусы апокарбонатных (надынтризивных грейзенов) и внутриинтрузивных редкометалльных альбититов. На Иультинском, Тигрином месторождениях

— ярусы кварцево-редкометалльных жил и штокерков (надынтрузивный) и внутриинтрузивных грейзенов.

Крупнейшие месторождения олова в Китае из районов Гэцзю и Дачан являются полихронными и отличаются многоярусным размещением разнотипных рудных тел. При этом касситерито-сульфидное жильное и штокерковое оруденение в осадочных толщах сменяются на глубину массивными сульфидными залежами по известнякам; далее вниз — апоскарновыми рудными телами в экзоконтакте гранита и грейзенами внутри последнего.

Для месторождений порфирирового типа важный фактор, влияющий на масштабы оруденения, — многофазное внедрение продуктивных интрузивных штоков. На примере месторождений Гендерсон, Кляймекс, Рэдуэлл Бэйсин можно видеть, что каждый последующий продуктивный шток и соответствующие штокерковые рудные тела последовательно занимают более низкий гипсометрический уровень.

Ярусный характер размещения оруденения может проявляться в обособлении по вертикали разных типов минерализации. Так, над крупным медно-порфирировым месторождением Майданпек (Восточная Сербия) залегает тело массивных сульфидов, а над месторождением Бор на нескольких уровнях известны залежи вкрапленных, в т.ч. золотоносных руд.

На медноколчеданных месторождениях, по данным А.И.Кривцова и М.Б.Бородаевской, отмечаются прерывистость рудообразования и многократное возобновление этого процесса [2]. При этом импульсы гидротермальной деятельности приурочены к паузам в развитии вулканизма. В результате прерывистости процесса рудные тела залегают на нескольких уровнях (на Урале известно пять уровней рудонакопления). Крупные месторождения относятся к числу многоярусных.

Для жильных месторождений также отмечается ярусное размещение оруденения. Так, например, в золото-серебряном рудном поле Гуанохуата (Мексика), образованном в три этапа (стадии), выделяются «верхние», «нижние» и «глубинные» (преимущественно полиметаллические) руды. Эти ярусы руд разделены «пустыми» интервалами рудных тел.

Таким образом, ярусное размещение полихронного оруденения можно рассматривать как особенность крупных рудных объектов, но при этом могут отсутствовать проявления зональности в рудных телах конкретного яруса.

Аномальные особенности магматизма крупных рудных узлов. Аномальные черты сопутствующего магматизма в определенных случаях могут служить признаками крупных рудных объектов.

Для крупнейших Норильских месторождений отличием продуктивных интрузивов является обширный ореол сопутствующего магнезиального метасоматоза, который И.А.Зотов связывает с трансмагматическими флюидами [7].

По данным Д.Л.Додина и Н.М.Чернышева, для крупных промышленных медно-никелевых месторождений характерны многоэтапные магматические комплексы и восстановительный характер связанных с ними флюидов с преобладанием водорода, метана, азота [5].

Для колчеданных и других месторождений, связанных с офиолитовой формацией, степень дифференциации последней и относителенный

объем кислых продуктов, по-видимому, коррелируются с масштабами рудообразующих процессов. Сходная зависимость известна и в зеленокаменных поясах, где крупные золоторудные объекты локализируются в районах с кислыми дифференциатами.

Согласно М.Б.Бородаевской, крупные колчеданные месторождения расположены в эвгеосинклинальных толщах с высоким кларком меди. Месторождения приурочены к узлам с центральным типом вулканизма и многофазной деятельностью, к которым, в свою очередь, часто приурочены локальные кальдеры. Среди вулканитов обязательно присутствуют кислые дифференциаты.

По данным Д.Гровса [25], крупные месторождения золота в зеленокаменных поясах Австралии расположены там, где имеются коматититы. В пределах крупных рудных полей известны горизонты железистых кварцитов и базальтов. На крупных месторождениях и под ними нет гранитов [25].

Высокая насыщенность площади рудных полей малыми интрузивами весьма характерна, например, для золоторудных полей с минерализацией различного типа. Один из примеров — уникальное золото-серебряное рудное поле Паучука (Мексика).

Согласно И.В.Кучеренко [11], фемические магматические интрузивные тела золоторудных полей отличаются калий-фосфор-магний-титановой специализацией, которая присуща также и околорудным золотоносным метасоматитам. Благоприятной для концентрации оруденения могла быть высокощелочная восстановительная обстановка, в которой подвижны титан, фосфор. Масштабы оруденения зависят от степени восстановленности флюидных процессов.

По мнению В.С.Кузубного с соавторами [10], общая особенность магматических тел на рудных полях крупных месторождений — контрастность и большое разнообразие их составов, происхождение кислых магматитов от высокотемпературных «сухих» расплавов, различия близких по составу пород по структурно-текстурным признакам, обилие экспозиционных тел, свидетельствующее о газонасыщенности расплавов.

Еще ранее к подобным же выводам пришла В.А.Баскина [23], которая подчеркнула индикаторную роль кислых калиевых дифференциатов в рудных полях, а также обосновала специфику магматизма рудоконцентрирующих зон.

Минералого-геохимические особенности крупных рудных объектов. Существует разнообразная гамма минералого-геохимических признаков крупных рудных объектов, которые были охарактеризованы ранее [20, 21]. Одни из них сопутствуют определенным типам оруденения. Так, например, для крупного скарново-грейзеново-альбититового месторождения Вознесенка в отличие от рядовых месторождений района характерен аномальный состав слюд, которые, по данным Е.Л.Мининой [14], содержат повышенные количества лития и магния и относятся к литиевому фенгиту, также отличающегося большим числом политипных модификаций. Флюорит же отличается присутствием тяжелых редких земель. Есть также прямая корреляция между содержанием лития и богатыми и бедными берилл-флюоритовыми рудами.

Для медно-порфирировых руд индикатором масштабов может служить содержание элементов-

примесей. Согласно В.С.Попову [18], устанавливается корреляция между содержаниями меди и рения в молибденитах. Для крупных месторождений концентрация рения в молибденитах составляет 1700—2000 г/т и более. По мнению М.З.Кантора [8], содержание в рудах полиметаллических месторождений марганца (в форме силикатов и карбонатов) может коррелироваться с масштабами оруденения.

На крупных полиметаллических месторождениях, согласно Б.Дюу и Дж.Стейси [6], изотопные отношения $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ не превышают 20. Как считают эти авторы, эволюция свинца происходила в условиях, приближающихся к одностадийной системе. Иными словами, в источнике не происходили изменения отношений U/Pb и Th/Pb , исключая процессы радиоактивного распада, а свинец характеризуется как обычный.

Помимо частных особенностей состава можно выделить и более общие, присущие различным типам месторождений. Для крупных месторождений характерен сложный минеральный состав руд с большим числом гипогенных минералов (100 и более).

Нередко на крупных месторождениях различных формационных типов устанавливается значительное число пар полиформационных модификаций экономически ценных минералов. При этом, согласно М.З.Кантору [8], чем крупнее месторождение, тем больше в нем полиморфных модификаций экономически ценных минералов. Так, на весьма крупном медном месторождении Бьют (США) установлены энаргит (орторомбический), люционит (тетрагональный), клаусит (кубический), а также парахалькозин (ромбический) и неодигенит (кубический). На крупном теллуридном месторождении золота Калгурли (Австралия) установлены петцит (кубический), гессит (моноклинный), а также калаверит (моноклинный) и креннерит (орторомбический).

На крупных месторождениях часто проявлены признаки того, что они образованы в более восстановительных условиях, чем мелкие и средние. Значительные по масштабам рудные объекты, как уже отмечалось, нередко сопровождаются углеродистыми метасоматитами и биотититами. В тех и других закисное железо преобладает над окисным, что свидетельствует о восстановительных условиях их образования. Кроме того, в углеродистых метасоматитах в качестве аксессуаров присутствуют различные самородные металлы, металлиды, карбиды, разнообразные минеральные формы углерода — графит, шунгит и др., минералы титана — ильменит, брукит и др., что также свидетельствует о восстановительных условиях образования метасоматитов.

О повышенном восстановительном потенциале на крупных месторождениях свидетельствуют наличие в их рудах значительного количества самородных элементов и графита, а также преобладание восстановленных компонентов — CH_4 , CO , H_2 , N_2 в составе газов, из включений в минералах руд [22]. В качестве примера можно привести результаты исследования газов из газовой-жидких включений в гипогенных минералах более крупных месторождений бороносных скарнов. По данным А.Е.Лисицына и С.В.Малинко [13], эти газы состоят в основном из CO , CH_4 и N_2 (при низких концентрациях CO_2).

Одна из весьма характерных особенностей

крупных месторождений — наличие в их рудных минералах глубинных элементов-примесей: хрома, кобальта, никеля, ванадия и др. Присутствие хрома в касситерите характерно, в частности, для всех крупных месторождений олова в Приморье.

Проанализировав материал по 200 месторождениям, Б.А.Осташко, Д.Н.Литошко и А.В.Калиновский [15] пришли к выводу о существовании крупных месторождений, в которых содержатся одновременно три элемента — кобальт, никель и висмут.

На некоторых крупных разноформационных месторождениях нерадиоактивного сырья (например, Бу-Азер в Марокко, Бьют в США и др.) нередко содержатся радиоактивные минералы.

В заключение можно сделать вывод о том, что аномальные условия в локализации крупных и уникальных месторождений и отличительные особенности их состава свидетельствуют о необычном происхождении этих рудных объектов.

1. Приуроченность к глубинным рудоконцентрирующим нарушениям, занимающим секущее положение по отношению к структурному плану областей, свидетельствует в пользу глубинного источника процессов, влияющих на концентрацию оруденения. Сами сквозные нарушения часто сопровождаются региональными поясами метасоматитов и до настоящего времени являются каналами миграции восстановленных флюидов.

Их притоки вдоль этих дислокаций и особенно контрастные в узлах пересечения линейментов, контролирующих оруденение, говорят о глубинности процессов.

2. Присущая многим крупным и уникальным объектам полихронность образования свидетельствует о повышенной проницаемости рудоконтролирующих узлов, отличающихся высокой и многократно возобновляющейся эндогенной активностью, видимо, за счет притока вещества и энергии из глубин.

Сложные по строению магматические ареалы и метасоматические поля и многоуровневые геофизические аномалии могли возникнуть здесь в условиях повышенного энергетического потока, создающего высокий тепловой фон. Это позволяет характеризовать уникальные рудные узлы как длительно живущие «горячие точки».

3. Многократная повторяемость специализированного рудообразования в течение длительного времени может быть объяснена неоднородностью содержания металлов в мантии и существованием под рудными узлами изначально обогащенных ее участков.

4. Полихронные рудные объекты отличаются многоярусным размещением разновозрастных систем рудных тел. Последовательное во времени понижение гипсометрического уровня систем рудных тел можно рассматривать как снижение уровня активности питающего очага.

5. Разнообразные признаки свидетельствуют об аномальном характере рудообразующих растворов в пределах крупных рудных объектов, которые отличаются высоким уровнем восстановленности. Эти черты проявляются в составе газовой-жидких включений в минералах, в присутствии самородных элементов и валентности металлов, что свидетельствует об участии в рудообразующих процессах глубинных флюидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов В.Д., Овчинников Л.Н. Стереометаллогения и принципы геолого-геохимического прогнозирования колчеданных месторождений // Региональная геохимия и рудообразование. М., 1980. С. 17—32.
2. Бородаевская М.Б., Кривцов А.И. Месторождения меди // Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых. М., 1984. С. 128—156.
3. Брянский Л.И., Малышев Ю.Ф. Прогнозирование глубинных рудных объектов методами геофизического моделирования // Тихоокеанская геология. 1985. № 3. С. 68—75.
4. Вассало Моралес, Старостин Л.В., Бородаев Ю.С. Структурно-петрофизический контроль оруденения на серебро-золотом месторождении Гуанохуато в Мексике // Геология рудных месторождений. 1982. Т. 24. № 2. С. 20—28.
5. Додин Д.А., Чернышов Н.М. Сульфидно-никеленосные рудно-магматические системы и их эволюция // Известия РАН. Сер. геол. 1992. № 5. С. 84—101.
6. Доу Б., Стейси Дж. Обзор исследований по применению изотопов свинца при решении проблем происхождения руд и оценки возможностей поисков рудных месторождений // Стабильные изотопы и проблемы рудообразования. М., 1977. С. 11—57.
7. Зотов И.А. Генезис трапповых интрузивов и метаморфических образований Талнаха. — М.: Наука, 1979.
8. Кантор М.З. Обнаружение пар полиморфных модификаций экономически ценных минералов как вероятный критерий оценки масштабов месторождений // Докл. АН СССР. 1983. Т. 269. № 5. С. 1161—1165.
9. Красников В.И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. — М.: Недра, 1965.
10. Кузбный В.С., Павлов А.Л., Ананьев Ф.М. и др. Флюидный режим Земли и проблема крупномасштабного рудообразования (на примере халькофильных металлов). — Новосибирск: Наука (Сиб. отделение), 1991.
11. Кучеренко И.В. Пространственно-временные и петрохимические связи образования золотого оруденения с глубинным магматизмом // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 10. С. 78—91.
12. Лаверов Н.П., Винокуров С.Ф. Условия образования крупных полихронных месторождений урана (на примере Северной Австралии) // Итоги науки и техники, серия рудные месторождения. М., 1988. Т. 21.
13. Лисицын А.Е., Малинко С.В. К проблеме источника рудного вещества при формировании эндогенных месторождений бора // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1982. № 3. С. 91—99.
14. Минина Е.Л., Берман И.Б., Попенко Д.П. Распределение лития в слюдах апокарбонатных редкометалльно-флюоритовых грейзенов Вознесенского рудного поля (Приморья) по данным (n, α)-адиогрфии // Минералогический журнал. 1993. Т. 15. № 4. С. 63—69.
15. Осташко Б.А., Литовко Б.Н., Калиновский А.В. Поисковое значение минеральных комплексов рудных формаций // Новые минералогические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Сыктывкар, 1982. С. 71—90.
16. Писцов Ю.П. Количественный подход к формационному анализу континентальных палеорифтов на примере Восточного Забайкалья // Геология, геофизика. 1986. № 6. С. 23—35.
17. Попов В.В. Геологические условия формирования свинцово-цинковых стратиформных и колчеданных месторождений // Сов. геол. 1982. № 8. С. 21—36.
18. Попов В.С. Геология и генезис медно- и молибденпорфировых месторождений. — М.: Наука, 1977.
19. Прокин В.А., Серавкин И.Б., Буслаев Ф.П. и др. Медно-колчеданные месторождения Урала. Условия формирования. — Екатеринбург: Наука, 1992.
20. Томсон И.Н., Полякова О.П. О критериях оценки масштабности рудных месторождений // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1979. № 6. С. 97—106.
21. Томсон И.Н., Полякова О.П. Минералого-геохимические индикаторы крупных рудных месторождений // Сов. геол. 1984. № 3. С. 38—43.
22. Томсон И.Н., Полякова О.П., Полохов В.П., Нивин В.А. Условия образования эндогенных «черных сланцев» в Приморье // ГРМ. 1993. Т. 35. № 4. С. 344—351.
23. Фаворская М.А., Томсон И.Н., Баскина В.А. и др. Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений. — М.: Недра, 1974.
24. Хорошилов Л.В., Горшков А.А., Тимофеев А.В., Раудонис П.А. О формировании девонских эндогенных месторождений Северного Казахстана // Сборник КНТС. М., 1989. Вып. 121. С. 26—37.
25. Groves D.J. and Solomon M. The geology of the Mt. Bischoff district. — Hobart, 1944.
26. Laznicka P. A computerized Research file on global metallogeny — an experience with Manifile // Global tectonics and Metallogeny. 1981. Vol 1. N 3. P. 224—245.

Стратиграфия и палеогеография

УДК 551.72

© О.В.Сосновская, В.А.Шипицын, 1994

О региональных стратиграфических подразделениях верхнего протерозоя Алтае-Саянской складчатой области

О.В.СОСНОВСКАЯ, В.А.ШИПИЦЫН (ГП «Красноярскгеолсъемка»)

После утверждения в 1981 г. Региональной стратиграфической схемы докембрия Алтае-Саянской складчатой области (АСО) на восточном склоне Кузнецкого Алатау (в пределах Красноярского края и Хакасии) сотрудниками ГП «Красноярскгеолсъемка» В.А.Шипицыным, О.В.

Сосновской, М.Л.Михалевым и др. проводились тематические работы, связанные с составлением и подготовкой легенд к геологическим картам масштабов 1:50 000 и 1:200 000, а А.П.Липишиновым и др. — геологосъемочные работы масштаба 1:50 000. При составлении стратиграфических

схем докембрия изученных районов возникал ряд проблем, отраженных в Региональной схеме или неудачно решенных из-за неполноты геологической информации. Серьезные трудности появились прежде всего при попытке увязать новые данные с утвержденными региональными горизонтами. К тому же материалы по стратиграфии и палеонтологии древних толщ Горной Шории («омоложение» унушкольской свиты, находки вендских окаменелостей в западносибирской свите и т.д.), явившихся основой выделения региональных подразделений, еще более усложнили ситуацию. Несомненно наступил момент официального пересмотра существующей Региональной схемы, поэтому для обсуждения предлагается ряд соображений по поводу возраста и объема утвержденных горизонтов, а также новые данные по некоторым свитам, их образующим.

В Региональной схеме за стратиграфические подразделения докембрия АСО приняты три горизонта: кабырзинский, западносибирский и белкинский, объединившие отложения с разной степенью условности, отнесенные соответственно к среднему рифею и венду.

В пределах рассматриваемой площади восточного склона Кузнецкого Алатау, охватывающей бассейн р.Белый Июс и окрестности, Бетеневский край и хр. Азыртал, в *белкинский горизонт* включены сорнинская и таржувская свиты. На хр. Азыртал к сорнинской свите относятся отложения кремнисто-карбонатного состава, залегающие на доломитах мартюхинской свиты и перекрытые кремнистыми сланцами кутень-булукской свиты. Свита расчленяется на три пачки общей мощностью около 500 м. Органические остатки распространены по всему разрезу свиты.

В первой пачке они представлены микрофитолидами *Osagia tenuilamellata* Reitl., *O.grandis* Z.Zhur., *O.granulosa* (Krasn.), *O.svalbardica* Milst., *Ambigolamellatus horridus* Z.Zhur., *Volvatella vadosa* Z.Zhur., *V.zonalis* Nar., *Vesicularites subinensis* Zabr., *V.simplaris* Yaksch. и др., водорослями *Shanganella jacutica* Kolos., *Marenita kundatica* Korde, *Foninia fasciculata* Korde, эдиакарской фауны *Ediakaria flindersi* Sprigg. Комплекс свидетельствует о вендском возрасте вмещающих отложений.

Во второй пачке известны редкие микрофитолиды *Volvatella* sp., *Nubecularites abustus* Z.Zhur., известковые водоросли *Shanganella jacutica* Kolos., *Palaeomicrocystis gyrata* Kolos., микропроблематика *Archaesphaera cambrica* Reitl. и спикулы губок. В третьей пачке содержатся микрофитолиды *Osagia caudata* Korol., *Volvatella zonalis* Nar., водоросли *Girvanella sibirica* Masl., *Palaeomicrocystis gyrata* Kolos., *Shanganella* sp., *Marenita* sp., микропроблематика *Archaesphaera* sp., невландиевая проблематика *Clatristroma tarnovskii* Posp. и *Volodia* aff. *annulata* Sosn.

На Батеневском крае в бассейне р. Бол.Ербы (окрестности д.Давыдково) в средней пачке свиты определены известковые водоросли *Epiphyton varium* Korde, *E.tenue* Krasn., *Kordephyton crinitum* (Korde), *Girvanella sibirica* Masl.

Органические остатки однозначно определяют принадлежность средней и, следовательно, верхней пачек сорнинской свиты нижнему кембрию.

Относительно возраста таржувской свиты новых палеонтологических данных не получено. Комплекс микрофитолидов составляют формы *Vesicularites lobatus* Reitl., *V.simplaris* (Yaksch.) и др., что не исключает принятый ранее их вендский возраст.

А.Б.Гинцингер приводил сведения о находке археоциат в отложениях таржувской свиты (устное сообщение), однако при точной привязке выяснилось, что окаменелости происходят из ефремкинской свиты. Несомненный интерес представляет известная в нижней части таржувской свиты в окрестностях Карасукского лога в междуречье Карыш — Сон в ядерной части Катюшкинской синклинали мелкая трубчатая скелетная проблематика. Однако собранные нами и Н.М.Задорожной коллекции остались неопределенными. Не исключено, что такие образования близки к *Cloudina* Germ., часто встречаемым в карчитской, белкинской и западносибирской (верхняя часть) свитах Горной Шории и с возрастным диапазоном распространения венд — ранний кембрий [1].

В стратотипической местности таржувской свиты перекрывающие ее отложения тунгужувской свиты с самого основания содержат известковые водоросли и микрофитолиды нижнего кембрия. В средней части первой пачки тунгужувской свиты, сложенной светлыми известняками, приблизительно в 100—150 м от ее подошвы обнаружены мелкие обломки панцирей трилобитов (два местонахождения). Присутствие трилобитов определяет возраст вмещающих отложений не древнее атдабанского века. Данный факт может служить косвенным доказательством раннекембрийского возраста верхних частей таржувской свиты. Известные находки микрофитолидов венда расположены значительно ниже кровли свиты: в стратотипе — в 100—150 м. Интересно, что и в Горной Шории намечалась сходная тенденция к омоложению толщ, датировемых вендом. Г.Н.Багмет [1], приводя палеонтологические и геологические данные, доказывает венд-раннекембрийский возраст белкинской свиты в типовых районах ее распространения. В известном Кийском опорном разрезе Кузнецкого Алатау, в отложениях, коррелируемых с верхней частью белкинской свиты, обнаружены раннекембрийские водоросли [2, 4].

Западносибирский горизонт выделен как подразделение, объединяющее отложения верхнего рифея. В Региональной стратиграфической схеме на хр.Азыр-Тал в горизонт включены мартюхинская свита и часть биджинской. Основанием помещения мартюхинской свиты на уровень верхней части западносибирского горизонта послужил комплекс микрофитолидов, сходный с ассоциацией микрофитолидов ангалойской свиты Манского прогиба (Восточный Саян). Повторное изучение органических остатков свиты (по новым сборам О.В.Сосновской и В.А.Шипицына) в целом не исключает данную корреляцию. Комплекс включает микрофитолиды *Osagia tenuilamellata* Reitl., *O. undosa* Reitl., *O.granulosa* Krasn., *Ambigolamellatus horridus* Z.Zhur., *Nubecularites abustus* Z.Zhur. и др., водоросли *Shanganella jacutica* Kolos., *Marenita* sp., *Foninia fasciculata* Korde, в совокупности определяющие возраст отложений в интервале поздний рифей — венд. В какой-то

степени этот комплекс близок комплексу органических остатков первой пачки сорнинской свиты, но отличается отсутствием пузырчатых микрофитолитов *Vesicularites* и более бедным составом.

Появились данные о находках известковых водорослей *Renalcis polymorphus* Masl. и трубчатых проблематик *Cloudina* Gergs в верхней части западносибирской свиты в ее стратотипической местности [1, 6], что позволило авторам повысить верхнюю границу свиты и включить часть ее отложений в венд. По мнению многих исследователей, верхняя граница мартюхинской и западносибирской свит совпадает. Таким образом, не исключено некоторое омоложение верхних частей мартюхинской свиты.

Биджинская свита в Региональной схеме представлена в объеме ее стратотипа. При этом не учтен комплекс доломит-известняковых отложений, залегающих между «помадкой» — традиционно принятым основанием биджинской свиты, и отложениями, преимущественно известняковыми, в стратотипе свиты, т. е. около 1700 м мощности. Анализ материалов предшественников и собственные полевые наблюдения авторов позволяют внести ряд корректив в стратиграфическую схему района в части касающейся биджинской свиты.

Биджинская свита имеет сложное строение: ее объем составляют 5 пачек, отличающихся по литологическим особенностям [8]. В стратотипе представлены 4 и 5 пачки. В пределах хр. Азыр-Тал состав свиты исключительно карбонатный, кремнистые образования отсутствуют, мощность 2500—2600 м. Органические остатки представлены микрофитолитами *Vesicularites compositus* Z. Zhur., *V. bothrydioformis* (Krasn.), *V. ovatus* Z. Zhur., *V. longilobus* Milst., *Vermiculites sucharichus* Milst. и др., строматолитами *Conophyton garganicum* Korol., микропроблематикой *Archaeosphaera* sp., *Vicinsphaera antecessor* Korol., невландиевой проблематикой *Tricuspidatia trigonata* Sosn., *Camasia* aff. *conglutinata* Schip. et Sosn. Окаменелости определяют возраст вмещающих отложений как поздний рифей. Поскольку в верхней части чарыштагской свиты, подстилающей биджинскую, содержится богатый комплекс микрофитолитов и водорослей позднерифейского возраста [9], биджинская свита должна рассматриваться в составе верхнего рифея в полном объеме.

В *кабырзинский горизонт* включены отложения, сопоставляемые со средним рифеем. Основой выделения горизонта является кабырзинская свита. Среднерифейский возраст ее определялся по остаткам невландиевой проблематики, содержащимся в отложениях унушкольской свиты — по некоторым данным стратиграфического аналога кабырзинской свиты [5]. Позднее появились доказательства венд-кембрийского возраста унушкольских отложений [3] и, следовательно, исчезли основания для датирования кабырзинской свиты средним рифеем. Состав свиты, положение в разрезе (ниже западносибирской свиты — вероятного стратиграфического аналога мартюхинской свиты), строение разреза (вверху — темные известняки, внизу — чередование пачек темных известняков и доломитов) свидетельствуют о сходстве этих отложений с биджинской свитой хр. Азыр-Тал. Комплекс окаменело-

стей в кабырзинской свите верхнерифейский. Все это указывает на более молодой — поздне-рифейский возраст свиты. Вывод согласуется с современными представлениями геологов, проводящих съемочные и тематические работы на площади ее распространения [1, 6].

С учетом этих данных изменяется возраст и в какой-то степени стратиграфическое наполнение кабырзинского горизонта. В его составе должны быть сохранены толщи позднерифейского возраста, залегающие ниже отложений западносибирского горизонта и коррелируемые с кабырзинской свитой. В частности, на хр. Азыр-Тал в горизонт включаются биджинская свита и частично или в полном объеме чарыштагская. Свиты, ранее сопоставляемые с кабырзинской свитой, но занимающие более низкий стратиграфический уровень (среднерифейский?) из состава горизонта должны быть исключены.

В связи со сказанным интерес представляют материалы по стратиграфии древних толщ бассейна рек Белый Июс, Тюрим, Сон. Здесь к среднему рифею отнесены полуденная и тюримская свиты и гольджинская серия [8], а в легенде для геологических карт масштаба 1:50 000 — сыннигская (= полуденная) и тюримская (без верхней части) свиты. Верхняя часть тюримской свиты выделена как самостоятельное подразделение арамонской свиты верхнего рифея.

По всему разрезу сыннигской, тюримской и арамонской свит широко распространены остатки невландиевой проблематики. Окаменелости образуют три последовательно сменяющихся и названных по свитам, в которых они выделены, комплексов — сыннигский, тюримский и арамонский [7].

По комплексу микрофитолитов (*Osagia undosa* Reitl., *O. columnata* Reitl. и др.) и невландиевой проблематики (*Tridia koptevi* Schip., *Tricuspidatia plumata* Sosn. и др.), распространенных в других районах в отложениях верхнего рифея (биджинская свита хр. Азыр-Тал, ангалойская свита и ее стратиграфические аналоги Манского прогиба и др.), а также с учетом ряда геологических причин отложения арамонской свиты рассматриваются в составе верхнего рифея [10]. Присутствие определенных видов невландиевой проблематики в подстилающих отложениях (*Camasia spongiosa* Walc.), небольшое число радиологических датировок и положение в разрезе ниже арамонской свиты поздне-рифейского возраста не противоречат отнесению тюримской и сыннигской свит к среднему рифею [5, 7].

Поскольку в каждой из свит встречается свой неповторимый во времени комплекс окаменелостей, на уровне распространения тюримской и сыннигской свит предлагается выделить два более древних, чем кабырзинский, горизонта — тюримский и сыннигский [7]. Для первого из них наиболее характерны камазииды (*Camasia spongiosa* Walc., *Plumifascicularia dentata* Schip. et Sosn., *Caryschia alveolata* Schip. и др.), для второго (в комплексе) — камазииды (*Camasia fruticulata* Sosn., *C. modica* Sosn. и др.), саралинскииды (разнообразные виды *Saralinskia* Krasn.), некоторые невландииды (*Newlandia subtila* Krasn. и др.).

За стратотип тюримского горизонта предлагается принять стратотипический разрез тюрим-

ской свиты в бассейне р.Тюрим (Белый лог), а сыннинского — разрез сыннинской свиты по пади Сынниг в бассейне р.Белый Июс. Гипостратотипами могут служить разрезы этих же свит в верхнем течении рек Карыш и Сон (Батеневский краж).

С учетом приведенных данных в Региональную стратиграфическую схему можно внести следующие изменения и дополнения.

1. Сохранить белкинский горизонт как подразделение, соответствующее венду, включив в его состав нижние части белкинской и сорнинской свит. Перекрывающие отложения рассматривать принадлежащими устькундатскому горизонту, несколько увеличив таким образом его объем.

2. В западносибирский горизонт включить западносибирскую свиту и ее стратиграфические аналоги (мартюхинскую свиту и др.). Возраст горизонта требует уточнения.

3. Кабырзинский горизонт рассматривать в объеме кабырзинской свиты и ее стратиграфических аналогов (биджинская, арамонская и другие свиты), датировав их поздним рифеем.

4. Ниже кабырзинского горизонта выделить два горизонта — тюримский и сыннинский, сопоставив их со средним рифеем. В состав горизонтов включить соответственно тюримскую и сыннинскую свиты и их стратиграфические аналоги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багмет Г.Н. Биостратиграфия верхнедокембрийских и венд-нижнекембрийских отложений Горной Шории: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 1994.
2. Дубский В.С. Новые данные по изучению Кийского опорного разреза в Кузнецком Алатау // Актуальные вопросы геологии Сибири. Т. 1. Томск: 1988. С. 26—27.
3. Пак К.Л., Климова Г.Н., Яшин В.Д. Новые данные о возрасте слоев с *Newlandia* на р.Мрассу (Горная Шория) // Стратиграфия позднего докембрия и раннего палеозоя Сибири. Венд и рифей. Новосибирск, 1985. С. 107—117.
4. Поспелов А.Г., Бояринов А.С., Коняева И.А. Граница докембрия и кембрия в западной части Алтае-Саянской складчатой области // Актуальные вопросы геологии докембрия Сибири. Новосибирск, 1981. С. 56—61.
5. Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири. Ч. 1 (Верхний докембрий и нижний палеозой). — Новосибирск, 1983.
6. Сивов В.А., Климова Г.Н. Опорный разрез докембрия в Пурла-Азасском районе Горной Шории // Стратиграфия позднего докембрия и раннего палеозоя Средней Сибири. Новосибирск, 1983. С. 44—61.
7. Сосновская О.В. Камазидные (трубчатые) окаменелости восточного склона Кузнецкого Алатау и их стратиграфическое значение: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 1982.
8. Сосновская О.В. Биджинская свита хребта Азыр-Тал (Кузнецкий Алатау) // Проблемы геологии Сибири. Т. 1. Томск, 1994. С. 57—58.
9. Сосновская О.В., Шилицын В.А. Расчленение и биостратиграфия чарыштагской свиты хребта Азыр-Тал (Кузнецкий Алатау) // Проблемы стратиграфии и магматизма Красноярского края и Тувинской АССР. Красноярск, 1991. С. 104—110.
10. Шилицын В.А., Сосновская О.В., Сидорас С.Д. Арамонская свита Кузнецкого Алатау // Актуальные вопросы геологии Сибири. Т. 1. Томск, 1988. С. 76—78.

УДК 561:551.736(571.511)

© В.В.Круговых, 1994

Палинологическое обоснование стратиграфического расчленения пермских отложений Западного Таймыра

В.В. КРУГОВЫХ (ГПИ «Красноярскгеолсъемка»)

При комплексном изучении опорных разрезов Западного Таймыра в пределах Диксонского блока проводились палинологические исследования пермской угленосной формации. Были выделены эвенкская СЗр—Р1ев, ефремовская Р1еф, убойнинская Р1-2уб, крестьянская Р2кг, овражнинская Р2ов, макаревичско-бражниковская Р2тб свиты. Отложения перми представлены регрессивной серией от прибрежно-морских осадков в нижней до континентальных в верхней перми.

Детальные палинологические исследования пермских отложений Западного Таймыра, вскрытых многочисленными скважинами, проводились впервые. В результате изучения всех имеющихся материалов, установлено восемь палинокомплексов, характеризующих последовательно сменяющиеся стратиграфические уровни: ассель-сакмарский, артинский, кунгурский ярусы нижней, казанский и татарский ярусы верхней перми. Биостратиграфическая корреляция со

стратотипическими разрезами Восточно-Европейской провинции, синхронных отложений Тунгусского и Кузнецкого бассейнов приведена в табл. 1.

Первый, наиболее древний комплекс с *Spinosisporites parvispinus* установлен в отложениях эвенкской свиты, в ее верхней части, прослежен в верхней части эвенкского горизонта и выделен в палинозону *Spinosisporites parvispinus* — *Remysporites psilopterus* — *Cordaitina rotata*. Комплекс характеризуется обедненным родовым и видовым составом. В качестве доминант (до 45 %) выступают разнообразных споры с тонкобугорчатой и острошиповатой скульптурами экины *Spinosisporites*, *Apiculatisporis*, *Granisporites*, *Cyclogranisporites*, *Raistrickia*. Присутствуют гладкие споры (до 17%) *Leiotriletes*. Отмечены шагреневые споры *Turrisporites*, сфагновых мхов *Nigrisporites*, каламитов (до 5%). Пыльцевой

1. Корреляция пермских отложений по микроспору

Система	Ярус	(Среднекавказская, Лабаская структура)		Тунусский бассейн		Кузнецкий бассейн (Дригина, 1988)		Восточно-Европейская провинция (восток Русской платформы, западный склон Урала)		
		Горизонт	Палинозона (ПЗ)	Горизонт	Палинозона (ПЗ)	Горизонт	Палинозона (ПЗ)	Ярус	Горизонт	Палинозона (ПЗ)
Верхняя	Татарский	Макаре-виско-бразильский	Комплекс с Leiorhites grandipora ПЗ: Leiorhites cyathiformis - Spinosporites-Luberisaccites rugulifer	Палео-островский	XII ПЗ: Punctisporites glaber Tutrisporites sibiricus	Гранотеринский	ПЗ: Azonales gibberosus — Criniporites acinus — Criniradites gracilis	Татарский	Уржумский	Комплекс J1 Зона Taxodiacidites permianus
		Одрж-инский	Комплекс с Ralsitria grandipora ПЗ: Ralsitria grandipora - Spinosporites — Cordaitina	Деталинский	XI ПЗ: Punctisporites glaber — Ginkgoacaulophyus glaber — Granulatisporites parvigranulatus	Деталинский	ПЗ: Neoralsitria heterochaeta — Spinosporites achnaciformis — Cordaitina rugulifera			
		Крестянский	Комплекс с Trachirhites humulosus	Палеотунусский	X ПЗ: Ginkgoacaulophyus-leiorhites-Spinosporites	Усатский	ПЗ: Acanthorhites fascies-Trachirhites humulosus-Diacidites			Комплекс J2 Зона Lucockia viridulae
			ПЗ: Ralsitria heteromorpha-Trachirhites humulosus — Cordaitina abutiloida		IX ПЗ: Spinosporites parvispinus — Cyclogranisporites globulus — Ginkgoacaulophyus	Казанско-маринский	ПЗ: Lophorhites eximialis Ralsitria heteromorpha-Spinosporites parvispinus			
Средняя	Казанский	V	Комплекс с Ginkgoacaulophyus scapatus ПЗ: Cordaitina — Ginkgoacaulophyus — Ralsitria	Нижняя	VIII ПЗ: Lophorhites — Ralsitria — Ginkgoacaulophyus scapatus	Митинский	ПЗ: Lophorhites subensis Neoralsitria armipolena	Казанский		Комплекс J1 Зона Striatopodocarpites komiensis
			Комплекс с Nigrisporites marginatus ПЗ: Ralsitria — Granisporites micracanthus — Nigrisporites marginatus			Старо-кузнецкий	Diacidites			
	Уфимский	IV		Верхняя	VII ПЗ: Nigrisporites nigritellus — Spinosporites rectispinus	Усатский	ПЗ: Granisporites asperatus Crucisaccites ornatus	Уфимский	Пешминский	Комплекс H2 Зона Granizomopora vulgaris
			Комплекс с Crucisaccites ornatus ПЗ: Cordaitina — Ginkgoacaulophyus retroflexus			Кемеровский	Ginkgoacaulophyus retroflexus			
Нижняя	Културский	III		Буржунский	VI ПЗ: Cordaitina-Ralsitria obtusicauda — Ginkgoacaulophyus retroflexus	Илановский	ПЗ: Cordaitina rotata — Crucisaccites ornatus — Azonales irregularipraticatus	Културский	Филипповский	Комплекс G1 Зона Somonovitchiascites turbidiculus
			Комплекс с Gemmites scabratus ПЗ: Spinosporites-Cordaitina — Gemmites scabratus							
	Артский	II			V ПЗ: Cordaitina uralensis — Luberisaccites rugulifer	Промежуточный	ПЗ: Cordaitina uralensis Picalipollenites diffusus	Артский	Саргинский	Комплекс D Зона Azonales irregularipraticatus
			Комплекс с Spinosporites parvispinus ПЗ: Spinosporites parvispinus, Remysporites peliopertus — Cordaitina rotata							
Абсолютная	Сакмарский	I						Сакмарский	Стерлитамакский	Комплекс C Зона Gardiasporites tonsus
Абсолютная	Абсолютный							Абсолютный	Холодоложский	Комплекс B Зона Complexusporites polymorphus

состав представлен кордаитовыми (10%). Постоянно присутствуют *Plicatipollenites*, *Florinites* (до 2%), двухмешковая пыльца древних хвойных (до 2%) и гинкгоцикадофиты (4%).

Видами-индикаторами комплекса являются *Plicatipollenites sarcostemmus* (Lub.) Lub., *Raistrickia obtusosetosa* (Lub.) Siv., *Cyclobaculisporites permica* Drjag., *Calamospora plicata* (Waltz.) Siv.

Качественный состав комплекса миоспор и сопоставление его с комплексами из синхронных отложений Тунгусского бассейна [4], эталонных разрезов Кузбасса [2] и стратотипических разрезов западного склона Среднего Урала [3] позволяют датировать вмещающие породы как нижний подотдел нижней перми, ассель-сакмарский ярусы (см. табл. 1). Обнаруженная совместно со спорами фауна брахиопод свидетельствует также об ассель-сакмарском возрасте отложений.

Второй комплекс с *Gemmites scabratus* установлен в отложениях нижней подсвиты ефремовской свиты, прослежен в ефремовском горизонте и выделен в палинозону *Spinosisporites-Cordaitina* — *Gemmites scabratus*. Комплекс имеет в основном тот же флористический состав, что и первый, и отличается от него повышенным содержанием пыльцы кордаитовых растений. Из спор характерны те же основные таксоны *Spinosisporites*, *Apiculatisporites*, *Raistrickia*, *Granulatisporites*, которые являются доминантами. Отмечены споры сфагновых мхов *Nigrisporites*, каламитов, лепидофитов. Единично встречаются споры с гладкой скульптурой экзины *Leiotriletes*, споры с пленчатой оторочкой *Remysporites*. В незначительном количестве наблюдались пыльца гинкгоцикадофитов и двухмешковая пыльца древних хвойных.

Виды-индикаторы комплекса: *Raistrickia obtusosetosa*, *Leiotriletes inermis* (Waltz) Isch., *Cyclobaculisporites permica*, *Granulatisporites gorelovae* Drjag., *Gemmites scabratus* Djur.

Качественный состав второго палинокомплекса и сопоставление его с комплексами их синхронных отложений [1, 2, 4] позволяют датировать вмещающие его породы как нижний подотдел нижней перми, артинский ярус (см. табл. 1). Из отложений, вмещающих этот палинокомплекс, изучена фауна брахиопод и макрофлора, характерная для первой половины ранней перми.

Третий комплекс с *Crucisaccites ornatus* установлен в отложениях верхней ефремовской и нижней части убойнинской свит, прослежен в ефремовском горизонте и выделен в палинозону *Cordaitina* — *Ginkgocycadophytus retroflexus*.

В комплексе преобладает пыльца голосеменных (до 70%) над спорами папоротникообразных растений, а иногда отмечается равное количество пыльцы и спор. Доминирует разнообразная пыльца кордаитовых. Постоянно встречаются *Potonieisporites*, *Florinites*. Одномешковая пыльца составляет до 65% общего количества. Встречается двухмешковая пыльца *Platysaccus*, *Protohaploxylinus*, наблюдаются и ребристые формы. Многочисленна и разнообразна пыльца гинкгоцикадофитов. Споровый состав очень разнообразен и многочислен. Как субдоминанты отмечены различные виды *Spinosisporites*, *Granulatisporites*, *Granisporites*. В заметном количестве (до 8%) представлены гладкие споры *Leiotriletes*. Постоянно присутствуют каламитовые,

споры сфагновых мхов, *Gemmites* sp. Отмечается первое появление спор, характерных для горизонтов верхней перми: *Trachytriletes tumulosus* (Andr.) Drjag., *Granisporites acutus* (Andr.) Drjag., *Raistrickia multicoloria* (Andr.) Siv., *Neoraistrickia turnaensa* (Drjag.) Drjag., *Spinosisporites acinaciformis* (Andr.) Drjag., *Leiotriletes extensus* (Lub.) Siv., *Lophotriletes cornutus* (Andr.) Lub., *Cordaitina tuberculata* Krug.

Виды-индикаторы комплекса: *Cordaitina punctata* (Lub.) Hart, *Cyclobaculisporites permica*, *Apiculatisporites hispidus* (Andr.) Siv., *Raistrickia obtusosetosa*, *Turrisporites trifidus* Siv., *Granulatisporites gorelovae*, *G. parvus* (Ibr.) Pot., Kr., *Lycospora permica* Inoss., *Leiotriletes inermis*, *Calamospora plicata*, *Potonieisporites rimosus* Schw., *Crucisaccites ornatus* (Sam.) Dibun., *Gemmites pullatus* Djur., *G. scabratus* Krug.

Особенность комплекса — обилие переотложенных миоспор, характерных для средне-верхнекаменноугольных отложений. Состав комплекса миоспор и сопоставление его с палинокомплексами из синхронных отложений сопредельных [2, 4] и удаленных [1, 3, 5] регионов, где они датированы флорой и фауной, послужили основанием для отнесения вмещающих его пород к верхнему подотделу нижней перми, артинскому — низам кунгурского ярусов.

Из отложений, вмещающих данный комплекс миоспор, изучена макрофлора, характерная для ишановско-кемеровского горизонта нижней перми и фауна брахиопод раннепермского возраста.

Четвертый комплекс с *Nigrisporites marginatus* установлен в отложениях верхней подсвиты убойнинской свиты, прослежен в убойнинском горизонте и выделен в палинозону *Raistrickia* — *Granisporites micracanthus* — *Nigrisporites marginatus*. В нем отмечается резкое преобладание спор (80%) над пыльцой. Характерная особенность комплекса — доминирующая роль скульптурированных спор папоротникообразных (до 40%). Это те же группы, что и в третьем комплексе: *Spinosisporites*, *Raistrickia*, *Neoraistrickia*, *Granulatisporites*. Они составляют фон комплекса. Кроме того, среди них появляются новые таксоны. Постоянно присутствуют споры сфагновых мхов. Впервые появляются таксоны, характерные для верхнепермских отложений: *Nigrisporites marginatus* (Portn.) Drjag., *Turrisporites sibiricus* (Medv.) Krug., *Verrucosisporites globulosus* (Andr.) Drjag., *Raistrickia grandispinosa* (Andr.) Drjag., *R. insigna* (Andr.) Drjag., *Microreticulatisporites angulosus* (K.-M.) Krug., *Lophotriletes abruptus* (Andr.) Drjag., *Acanthotriletes facerus* (Andr.) Rom. Среди пыльцы в равном количестве (до 14%) представлены кордаитовые и разнообразные гинкгоцикадофиты. Единично отмечена пыльца *Disaccites*.

Видами-индикаторами комплекса являются: *Neoraistrickia multangula* (Andr.) Krug., *Lophotriletes extensus* (Lub.) Siv., *Raistrickia alligodonta* (Andr.) Drjag., *R. heteromorpha* (Andr.) Siv.

Возраст отложений, вмещающих четвертый комплекс миоспор, можно определить как начало поздней перми, уфимский — начало казанского яруса [1, 2, 4]. Из этих отложений изучена

макрофлора, характерная для уфимского — казанского ярусов.

Пятый комплекс с *Ginkgocycadophytus caperatus* установлен в отложениях крестьянской свиты, ее нижней подсвиты, прослежен в крестьянском горизонте и выделен в палинозону *Cordaitina* — *Ginkgocycadophytus* — *Raistrickia*. В целом для комплекса характерно доминирование пыльцы кордаитов (14—60%). Значительное участие (до 19%) принимает пыльца гинкгоцикодофитов. Единично отмечена пыльца *Disaccites*. Впервые появляется пыльца кейтониевых и *Lueckisporites*. Среди спор значительное участие (8—30%) принимают грубоскульптурированные споры *Raistrickia*, *Neoraistrickia*, *Lophotrilletes*. Разнообразно представлены споры с острошиповатой и бугорчатой скульптурами экзины (до 25%): *Granisporites*, *Spinosisporites*, *Acanthotrilletes*. Многочисленны (в некоторых спектрах до 20%) гладкие споры *Leiotrilletes* и острошиповатые (до 13%) *Apiculatisporis*. Спорадически отмечаются *Punctatisporites* (до 8%). Такой разброс в количественном отношении одних и тех же групп миоспор объясняется, по-видимому, фациальными особенностями.

Виды-индикаторы комплекса: *Trachyttriletes tumulosus*, *Punctatisporites glaber* (Naum.) Lub., *Acanthotrilletes aggestus* (Andr.) Drjag., *Lophotrilletes abruptus*, *Spinosisporites parvispinus* (Lub.) War., *Raistrickia multicoloria*, *Turrisporites sibiricus*, *Leiotrilletes extensus*.

Сопоставление пятого палинокомплекса с комплексами миоспор из синхронных отложений других регионов [1, 2, 4, 5] может служить основанием для отнесения вмещающих его пород к нижнему отделу верхней перми, нижней части казанского яруса. Из этих отложений изучена макрофлора, характерная для первой половины поздней перми.

Шестой комплекс с *Trachyttriletes tumulosus* установлен в отложениях крестьянской свиты, ее верхней подсвиты, прослежен в крестьянском горизонте и выделен в палинозону *Raistrickia heteromorpha* — *Trachyttriletes tumulosus*.

В комплексе резко преобладают споры (60—90%) над пылью (10—40%). Доминируют грубоскульптурированные споры (до 40%) *Raistrickia*, *Lophotrilletes*, *Neoraistrickia*. В большом количестве (до 30%) отмечены разнообразные тонкоскульптурированные таксоны *Spinosisporites*, широко распространенные в нижележащем комплексе. Как субдоминанты (до 20%) можно отметить гладкие безлучевые споры *Iaevigatosporites plicatus* Verb. Довольно многочисленна группа гладких спор *Leiotrilletes*. Среди пыльцы выделяются кордаитовые (5—20%), *Disaccites* (до 10%), изредка встречаются ребристые формы. Постоянно наблюдаются переотложенные миоспоры, характерные для среднекаменноугольных отложений. Характерная особенность комплекса — спорадическое присутствие единичных форм мезофитного облика *Calamospora impexa* Playf., *Salvinicidites* sp., *Cyathidites adriennis* Th.

Виды-индикаторы комплекса: *Iaevigatosporites plicatus*, *Nigrisporites marginatus* (Portn.) Drjag., *Granisporites micracanthus* (Andr.) Drjag., *Neoraistrickia heterochaeta* (Andr.)

Drjag., *Microreticulatisporites angulosus*, *Leiotrilletes cybotioformis* Iuscho, *L. hetensis* K.-M., *Turrisporites glaber* Krug., *Cordaitina abutiloida* (Lub.) Dibun.

Сопоставление комплекса с палинокомплексами из синхронных отложений может служить основанием для отнесения вмещающих его пород к нижнему подотделу верхней перми — казанскому ярусу (его верхней части) [1, 2, 4]. Из этих отложений изучена макрофлора, характерная для второй половины поздней перми.

Седьмой комплекс с *Raistrickia grandispinosa* установлен в отложениях овражинской свиты, прослежен в овражинском горизонте и выделен в палинозону *Raistrickia grandispinosa* — *Spinosisporites* — *Cordaitina*. В нем споры (75%) преобладают над пылью (25%), а иногда содержатся в равных количествах. Среди спор отмечается равное содержание (25—28%) грубоскульптурированных *Raistrickia* — *Neoraistrickia*, *Lophotrilletes* и шиповатых спор *Spinosisporites*. Отмечены (до 10%) споры с бугорчатой скульптурой экзины *Cyclogranisporites*, *Granisporites*. Среди пыльцы доминируют кордаитовые (до 35%), гинкгоцикодофиты (8—11%). Спорадически отмечаются миоспоры мезофитного облика: *Osmundacidites* sp., *Nevesisporites fossulatus* Balme, *Vitreisporites koenigswaldii* Jans.

Виды-индикаторы комплекса: *Raistrickia grandispinosa* (Andr.) Drjag., *R. heteromorpha* (Andr.) Siv., *Cordaitina abutiloida*, *Nigrisporites marginatus*, *Leiotrilletes extensus*, *L. turgidus* K.-M.

Возраст вмещающих палинокомплекс отложений можно определить как татарский век поздней перми [1, 2, 4]. Из этих отложений изучена макрофлора, характерная для ленинского горизонта верхней перми.

Восьмой комплекс с *Leiotrilletes cyatheaformis* установлен в отложениях макареевско-бражниковской свиты, прослежен в макареевско-бражниковском горизонте и выделен в палинозону *Leiotrilletes cyatheaformis* — *Spinosisporites* — *Luberisaccites rugulifer*. Комплекс имеет обедненный состав. Споровая часть представлена формами с гладкой, шиповатой и сетчатой скульптурами экзины — *Leiotrilletes cyatheaformis*, *Spinosisporites apicalis* Drjag., *Cyclogranisporites osmundae* (Sam.) War., *Reticulatisporites* sp. Пыльца представлена кордаитовыми *Luberisaccites rugulifer* (Lub.) Dibun., *Cordaitina abutiloida*, *Ginkgocycadophytus* spp., *Disaccites*.

Возраст комплекса и вмещающих его отложений — татарский век поздней перми [2, 4]. Из этих отложений изучена макрофлора, характерная для граматеинского, а в самых верхах свиты — для тайлуганского горизонтов верхней перми. Из верхних же частей свиты определены пеллециподы, характерные для тайлуганского горизонта верхней перми (Бетехтина, 1988).

Распространение некоторых характерных видов миоспор показано в табл. 2.

Таким образом, послонное изучение спорово-пыльцевых спектров, анализ распространения спор и пыльцы в пермских отложениях Западного Таймыра позволили выявить определенную изменчивость спорово-пыльцевого состава во времени, вызванную сменой физико-географиче-

2. Распространение характерных видов миоспор в отложения Западного Таймыра

[illegible]

ских условий. Вследствие этого установлена определенная этапность в развитии флоры, отражающая последовательную смену основных таксонов. Этапы и палиностратиграфические рубежи, установленные по уровням обновления основных таксонов, позволили выделить характерные ассоциации — палинозоны. На Западном Таймыре палинозоне по объему почти всегда соответствует подгоризонт. Палинозоны как биостратиграфические подразделения приобретают большое значение при корреляции удаленных регионов. Межрегиональная корреляция изученных отложений по миоспорам со стратотипическими разрезами Восточно-Европейской провинции позволила привязать пермские палинокомплексы Западного Таймыра к ярусам общей стратиграфической шкалы. Каждая из сменяющих друг друга палинозон органически связана как с древней, так и с более молодой палинозоной. На Западном Таймыре самый древний палинокомплекс имеет типично пермский облик, и рубеж проходит в основании ассельского яруса. Следующий рубеж — в основании верхней части ефремовского горизонта (основание кунгурского яруса). Наиболее заметное изменение комплек-

сов происходит в основании верхне-убойнинского подгоризонта (основание казанского яруса).

Изученные палинокомплексы, привязанные к общей стратиграфической шкале, — надежная основа детального расчленения пермской угленосной формации Западного Таймыра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варюхина Л.М. Споры и пыльца красноцветных и угленосных отложений перми и триаса северо-востока европейской части СССР. — Л.: Наука, 1971.
2. Дрягина Л.Л. Биостратиграфический анализ основных групп органических остатков. Этапы развития и методика стратиграфического использования. Споры и пыльца / Верхний палеозой Ангарида. Фауна и флора. Новосибирск, 1988. С. 85—94.
3. Дюпина Г.В. Комплексы миоспор верхнего палеозоя западного склона Среднего Урала и их стратиграфическое значение: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. — Свердловск, 1973.
4. Круговых В.В. Корреляция угленосных отложений позднего палеозоя западной части Сибирской платформы по палинологическим данным / Палинология в СССР. Новосибирск, 1988. С. 89—94.
5. Фаддеева И.З. Палиностратиграфия пермских отложений / Практическая палиностратиграфия. Л., 1990. С. 59—80.

Региональная геология и тектоника

УДК 528.711.1.029.67

© В.П.Бородин, В.В.Бузун, 1994

Структурные построения по результатам автоматизированного анализа многоспектральных космических снимков

В.П. БОРОДИН, В.В. БУЗУН (ГП «Красноярскгеолсъемка»)

Для учета особенностей космических снимков (КС), полученных в узких спектрах видимого диапазона частот, был разработан пакет программ. Установлено, что различные горные породы, выходящие на земную поверхность в тектонических блоках и структурах, отражаются на КС под чехлом рыхлых отложений.

В структурных построениях использовались результаты анализа многоспектральных несинтезированных космических снимков м-ба 1:1 000 000. Именно полутонные изображения в узких спектрах видимого и сдвинутого в инфракрасную область диапазонов представляются, по нашему мнению, наибольший интерес для геологических исследований. Их преимущество перед другими КС заключается в том, что одни и те же природные объекты в различных спектрах характеризуются разными коэффициентами спектральной яркости, в результате чего различные элементы строения одних и тех же геологических или географических объектов образуют на космических снимках различные сочетания текстур. При традиционном визуальном дешифрировании аэрокосмических материалов текстурные особенности изображения в принципе учитываются постоянно, однако без необходимой их количест-

венной оценки. Анализ снимков на персональном компьютере в интерактивном режиме позволяет довольно легко перейти от качественных к количественным определениям с одновременным сравнительным анализом изображений в различных диапазонах.

Изображения были проанализированы на ПЭВМ типа IBM с использованием программ, составленных по алгоритмам собственных разработок. Ввод исходной информации осуществлялся сканером Ф-112 с апертурой и шагом 100 мкм.

Территория, на которую составлена схема структурного строения по КС, представляет собой один из затаеженных водоразделов Среднесибирского плоскогорья, расположенных к востоку от Заангарского плато. В геологическом отношении она находится в переходной зоне между Байкитской антеклизой и Тунгусской синеклизой и имеет типичное платформенное строение (рис. 1). Наиболее древние карбонатные и терригенно-карбонатные толщи нижнего ордовика картируются в границах поднятий или приподнятых тектонических блоков и выходят на поверхность только в крайней западной части территории. Общий региональный уклон залегания толщ в северо-восточном направлении обусловил

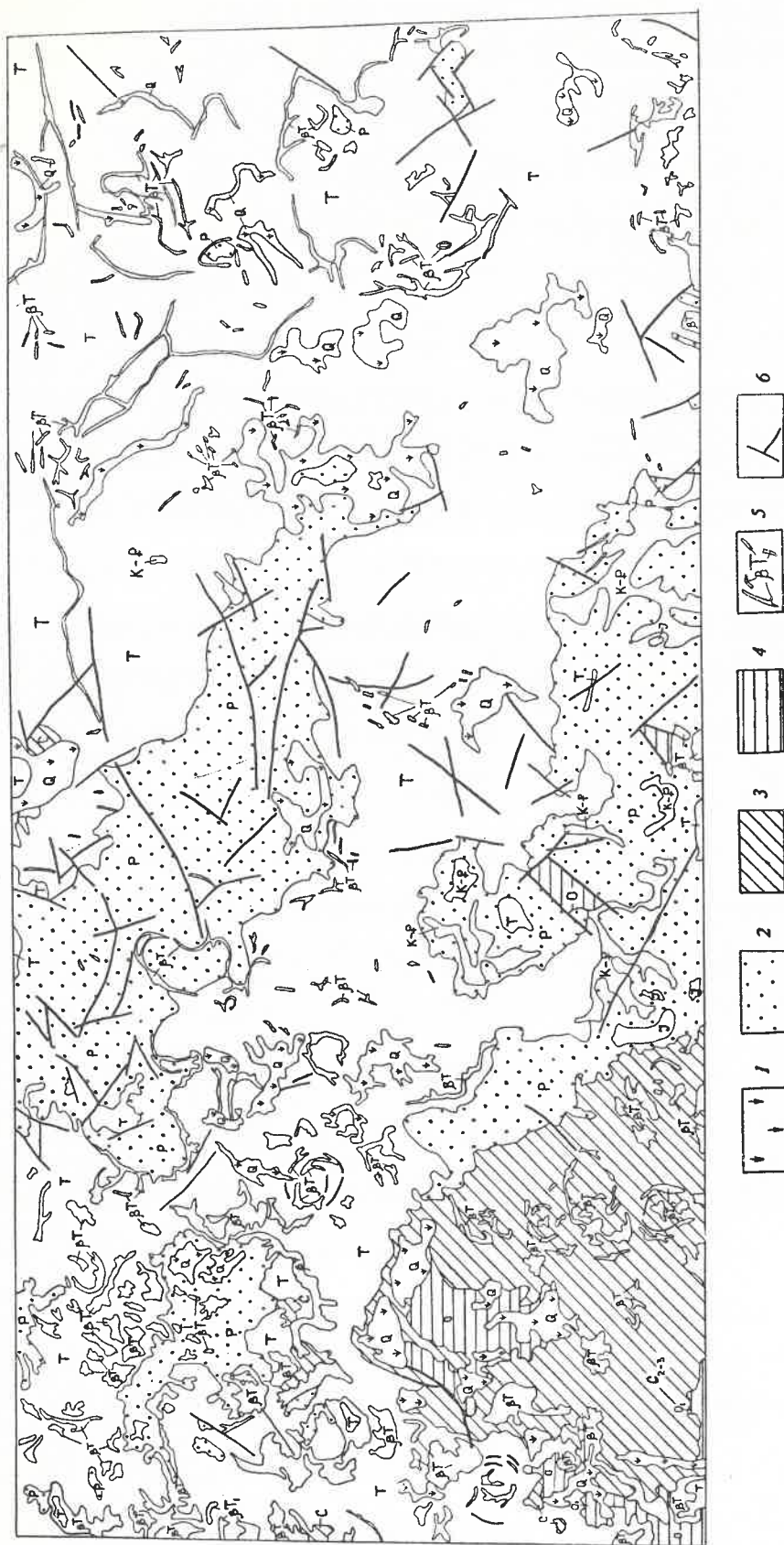


Рис. 1. Геологическая карта:

1 — озерно-болотные и аллювиальные отложения четвертичного возраста; К-Р — нерасчлененные мел-палеогеновые отложения; J — юрские терригенные отложения; Т — туфогенные триасовые образования; 2 — пермские терригенные отложения; 3 — пермские отложения каменноугольного возраста; 4 — ордовикские терригенно-карбонатные отложения; 5 — дайки, секущие и межпластовые тела траппов; 6 — тектонические разрывные нарушения

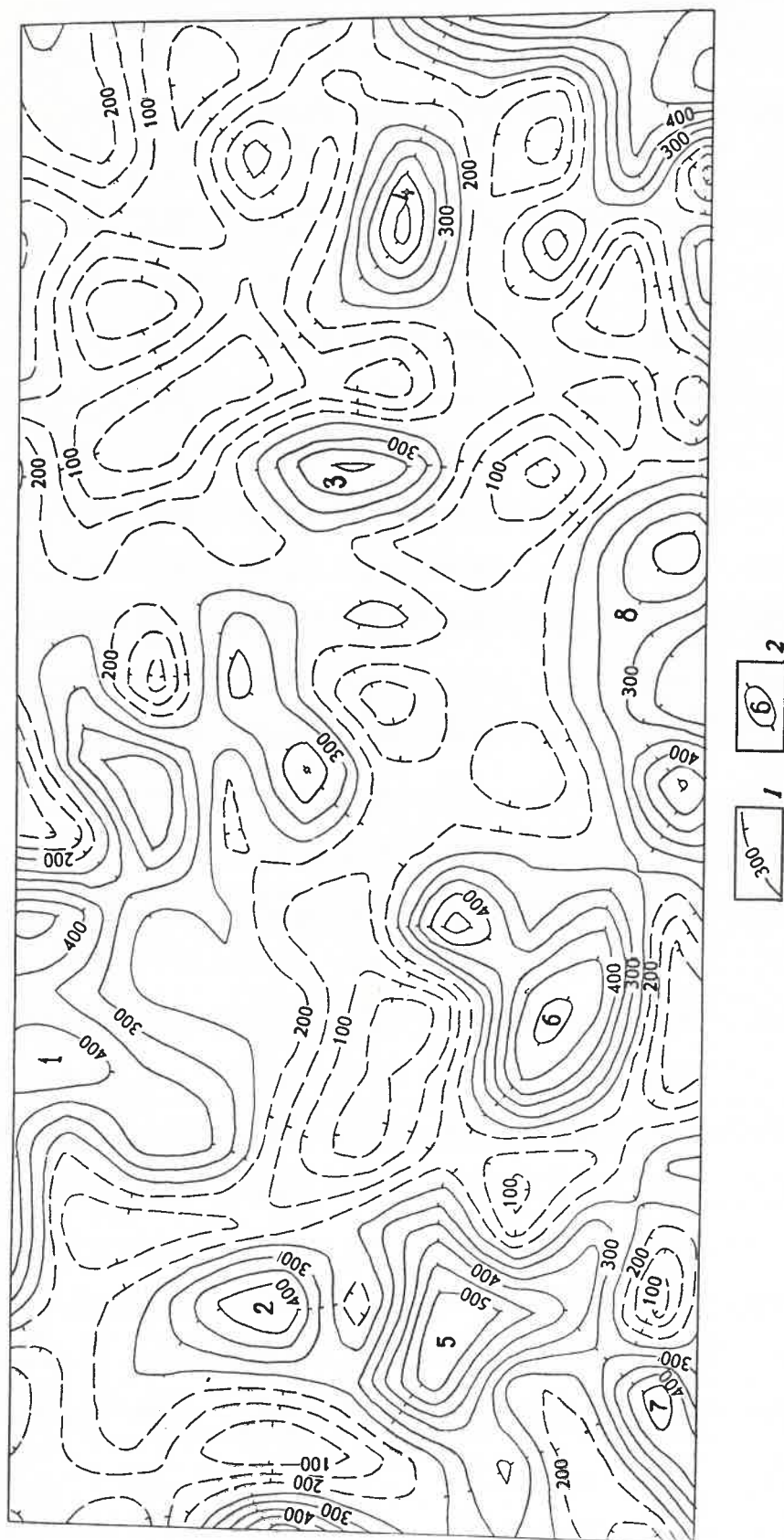


Рис. 2. Структурная схема:

1 — изолинии равных амплитуд вертикальных тектонических движений за период с раннего триаса по настоящее время; 2 — положительные структуры, их номера

в этом же направлении постоянную смену возраста горных пород, слагающих земную поверхность, на более молодой. Здесь на фоне туфогенных образований нижнего триаса только на отдельных, сравнительно небольших по площади участках выходят на поверхность терригенные породы среднего — верхнего карбона и перми, а более молодые образования — породы нижней юры, мел-палеогена и неогена обнажаются в основном на водоразделах и не имеют широкого площадного распространения. Все эти отложения закрыты чехлом элювиально-делювиальных образований четвертичного возраста. Кроме осадочных относительно большую площадь занимают интрузивные породы в форме даек, секущих и межпластовых тел. Необходимо подчеркнуть, что ни одна из картируемых толщ на этой территории не имеет четких дешифровочных признаков, и поэтому традиционное геологическое дешифрирование оказывается здесь малоэффективным.

Разработанная методика анализа многоспектральных космических снимков позволяет в автоматическом (т.е. без вмешательства человека на стадии обработки) режиме определить локальную составляющую структурного плана и относительную амплитуду положительных тектонических движений, отразившихся на ландшафте исследуемой территории.

Простое сопоставление структурной схемы в изолиниях, построенной по результатам анализа многоспектральных космических снимков, с геологической картой показывает, что все выявленные в процессе геологической съемки выходы на поверхность относительно более древних пород на фоне более молодых, находят полное отражение в структурном плане в виде положительных аномалий (см. рис. 1, 2). Так, известным Мукзотшинскому и Шушукскому поднятиям в бассейне р. Шушук (объекты 2,5), которые выходят на поверхность в виде терригенных отложений нижней перми среди туфогенных образований нижнего триаса и карбонатных отложений нижнего ордовика среди терригенных пород карбона, на многоспектральных снимках и построенных на их основе структурных схемах соответствуют интенсивные положительные аномалии, причем выходам на поверхность более древних пород соответствуют большие амплитуды относительных тектонических перемещений. Также отражаются на структурной схеме и другие известные на анализируемой территории выходы на поверхность более древних пород, указывающие на локальные поднятия или тектонические блоки. Поэтому структурная карта (схема) использовалась для поиска как неизвестных структурно-тектонических объектов, так и отдельных элементов их строения, т.е. для уточнения положения и границ уже выявленных. Так, при геологической съемке среднего масштаба южнее Шушукского поднятия были зафиксированы выходы на поверхность толщ нижнего ордовика в виде узкой полосы, ограниченной с севера тектоническим разрывом. На многоспектральных снимках этим выходам соответствует крупная положительная аномалия, значительно превосходящая их по

площади. Объясняется такое несоответствие довольно просто: стратифицированные породы находятся под чехлом рыхлых делювиально-элювиальных отложений и не образуют коренных выходов, а буровые и горные работы не проводились, без чего невозможно получить достоверный фактический материал.

Вторым примером может служить участок территории в верховьях рек Кимчу и Хушма (объект 4). Здесь по многоспектральным космическим снимкам также установлена положительная аномалия. С поверхности участок сложен туфогенными породами нижнего триаса, с насыщенными дайками и мелкими секущими телами траппов, а по периферии он ограничен кольцевой дайкой траппов. Кроме того, в пределах кольцевой фигуры картируются несколько мелких тектонических блоков, сложенных породами верхней перми. Все это, т.е. наличие кольцевой дайки траппов, сгущение мелких секущих тел внутри кольца и наличие отдельных блоков более древних пород свидетельствует о проявлении на участке одной из многих на этой территории слабо диагностируемых вулкано-тектонических структур.

К югу от описываемой территории, на северном крыле Ангаро-Вилуйского мезозойского прогиба на многоспектральных КС не отражены структуры послепермского возраста. В то же время блоки горных пород палеозоя, испытывавшие вертикальные тектонические перемещения, проявляются на них достаточно четко, хотя по степени литификации (прочностным свойствам) различия между юрскими и палеозойскими породами большие, чем между породами палеозоя. Характерная особенность проявляющихся на многоспектральных КС структур — слабая выраженность в рельефе, поскольку на большей части анализируемой территории рельеф основательно сглажен, а поверхность заболочена. Очевидно, в новейшее время территория не испытывала тектонической активизации, и структуры к этому времени были сформированы, т.е. выявляемые по многоспектральным КС аномалии соответствуют более древним тектоническим образованиям, не сопровождающимся в настоящее время эрозийными расчленениями рельефа.

Из несоответствий структурных построений по многоспектральным КС представлениям о геологическом строении следует отметить юго-западную часть территории, где на геологической карте показано обширное поле отложений карбона, а на структурной схеме — дифференцированное поле, состоящее как из положительных, так и отрицательных структур. Здесь же получил отражение тектонический блок отложений ордовика на юго-восточном крыле положительной структуры (объект 6), площадь которого, вероятно, меньше уровня разрешающей способности КС м-ба 1:1 000 000.

В заключение следует отметить, что указанные на структурной схеме амплитуды вертикальных тектонических перемещений являются относительными, и точность определения их абсолютных значений зависит от временного репера, устанавливаемого по косвенным данным.

Мезозойский вулканизм юго-запада Сибирской платформы и прогнозирование рудоносных структур

Н.Л.САПРОНОВ, В.А.МОСКАЛЕВ (ГП «Красноярскгеолсъемка»)

Район междуречья Ангары, Подкаменной и Нижней Тунгусок многократно являлся ареной вулкано-плутонических процессов. Предполагается, что активно они начались в среднем палеозое проявлением базальтового и кимберлитового вулканизма, интенсивно протекали в позднем палеозое — раннем мезозое в виде ареального эксплозивного базальтового вулканизма, в мезозое на локальных участках произошло внедрение колонн ультраосновных щелочных пород и карбонатов, образовались кимберлитовые и железорудные трубки.

Позже осадконакопление и тектогенез в регионе были минимальны, его современное геологическое строение во многом определено процессами былого вулканизма. Поэтому его закономерности изучены путем специализированного структурно-палеовулканологического картирования м-ба 1:200 000, проведенного ГП «Красноярскгеолсъемка» в последние 15 лет на площади 200 тыс. км². Объектами изучения были обнаженные и предполагаемые по геофизическим данным инъективные дислокации магматического и флюидного происхождения, сопряженные с ними синвулканические дизъюнктивные и пликтивные дислокации, пространственная организация тел изверженных пород, природные ассоциации дислокаций, процессы и явления, сопутствующие вулканизму (например, синвулканическая эрозия довулканического субстрата).

Основные представления о вулканоструктурах региона как геологических телах, их роли в строении юго-запада Сибирской платформы и при прогнозировании полезных ископаемых получены в результате реконструкций сооружений, созданных эксплозивным базальтовым вулканизмом. Он поразил практически весь характеризуемый район (около 600 тыс. км²), пирокластические толщи занимают на современном срезе до 80% его площади при мощности от первых десятков метров до 1 км, а суммарная мощность только субвулканических силлов долеритов, насыщающих почти повсеместно верхние 1,5 км осадочного цоколя, колеблется от 50 до 700 м (рисунок).

Установлено, что эксплозивный базальтовый вулканизм создал систему структур генерации и аккумуляции изверженного материала, площадь которых почти полностью «закрывает» вулканическую область. Первые — это субвертикальные трансехольные каркасные ярусно построенные корни вулканов центрального и линейного типов, вторые — сопряженные с первыми компенсационные депрессии, впадины, котловины, выполненные пирокластическими и осадочными вулканомиковыми образованиями, толщи которых конкордантно входят в слоистую структуру чехла платформы. Подробные геолого-геофизические характеристики их типов даны в работах [4, 8].

Определяющими при решении вопросов тектоники, магматизма, стратиграфии покровного вулканогенного комплекса и прогнозирования

полезных ископаемых являются корни вулканов. Формирование их начиналось, вероятно, задолго до появления вулканизма и происходило многоэтапно, а особенности вулкано-плутонических процессов выразились в различных объемах изверженных пород, размещенных в верхнем и нижнем интеркрустальных ярусах вулканоструктур*. Их предложено характеризовать *коэффициентом изверженности*, показывающим, какой объем доставленных к дневной поверхности расплавов извержен в виде туфов, а какой остался в цоколе в виде субвулканических интрузий.

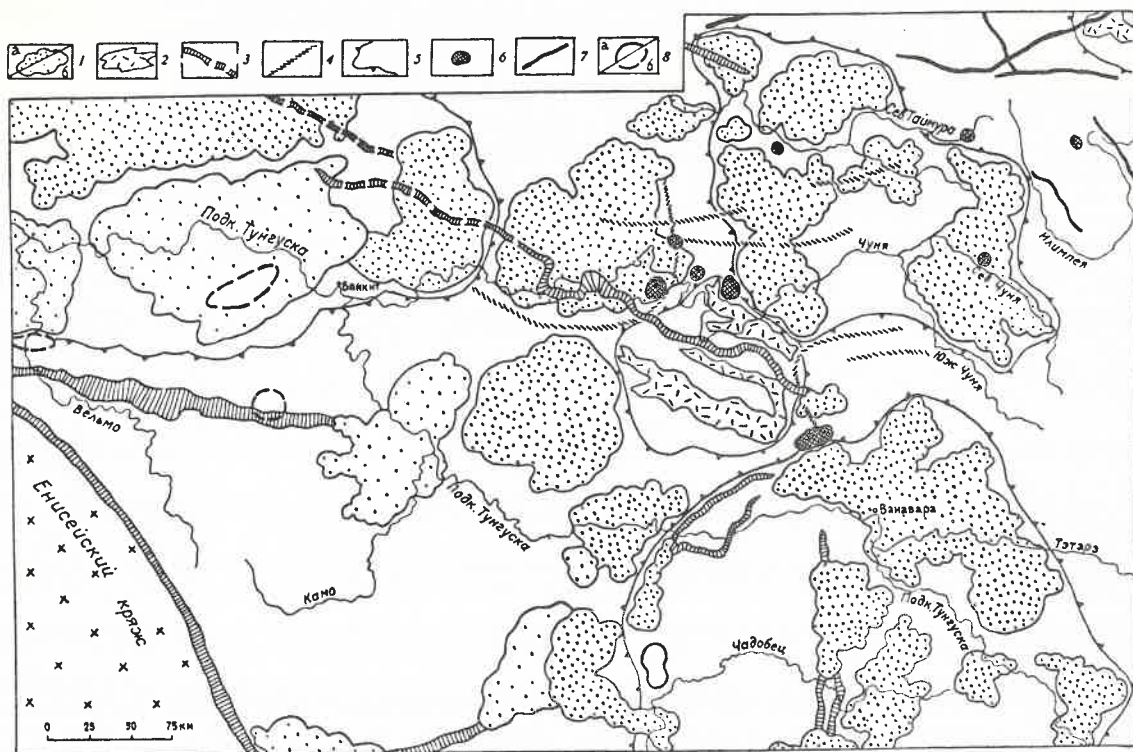
На ранней, но, вероятно, самой длительной стадии эксплозивного базальтового вулканизма сформировались сооружения центрального типа с суперкрустальными постройками, имеющими вид туфовых стратовулканов. Типоморфными вулканоструктурами являются фестончато-кольцевые многофокусные комплексы, имеющие размеры в плане от 28 × 35 до 80 × 220 км. Главные элементы строения на уровне наблюдаемого верхнего интеркрустального яруса — краевой центр-клинальный фестончато-кольцевой разлом и оконтуренный им ствольный блок. Разлом — основной магмовыводящий канал, вдоль него размещались многочисленные центры извержений. В настоящее время он имеет вид одно- или многоярдной дайки, лестничной интрузии, цепочки некков, кольцевых даек малого диаметра, содержит в зоне шириной 2—3 км ленточные горсты, грабены. На глубине интрузивная колонна фестончато-кольцевого разлома сопряжена с подстилающими ствольный блок силами.

Свольный блок, погруженный в «рубашку» интрузий, испытал последовательно «всплывание» (подъем, амплитуда до 900 м) и эрозию выступающей части (удаляется на 500 м от разреза), дробление, дифференцированное опускание. Он рассечен эруптивными трещинами, вмещает локальные округлые вулканогорсты и кальдеры проседания, окаймленные кольцевыми дайками, мульды, котловины.

Пирокластические толщи суперкрустальных построек — производные основной магмы преимущественно нормального состава, они чрезвычайно изменчивы фациально по падению, простираению и разрезу, состоят из контрастных генотипов пород. В нижнем интеркрустальном ярусе по данным прямых геологических наблюдений, бурения и интерпретации геофизических материалов вулканоструктуры имеют вид не выходящих за пределы ствольных блоков каркасных интрузивных колонн, состоящих из многочисленных секущих и пластовых тел долеритов. Глубже 2 км силлы встречаются редко, имеется только краевая кольцевая интрузия, но в вертикальные перемещения вовлечены весь «столб» осадочного чехла и кровля кристаллического фундамента.

Для вулканического процесса ранней стадии

* Здесь и далее ярусное деление корней древних вулканов по И.В.Луцицкому [3].



Корни вулканов на юго-западе Сибирской платформы (схематическая карта):

эпоха эксплозивного базальтового вулканизма: 1 — фестончато-кольцевые многофокусные комплексы — срез на уровне верхнего (а) и нижнего (б) интеркrustального яруса; 2 — вулканические грабены; 3 — сложные вулканические трещины; 4 — простые кулисные вулканические трещины; 5 — предполагаемые вулканические своды; эпоха предполагаемого карбонатитового вулканизма: 6 — ствольные вулкано-структуры; 7 — линейные вулкано-структуры; 8 — магматические диапиры многоактного вулканизма (карбонатитовый, ультраосновной щелочной и кимберлитовый) — достоверные (а) и предполагаемые (б)

характерны следующие черты: 1) коэффициент изверженности 30—35%; 2) многократность извержений с незакономерным чередованием мало- и большеобъемных поступлений тefры; 3) широкое проявление извержений типа Усу [2]; 4) синвулканическое поднятие и эрозия ствольного блока.

Фестончато-кольцевые многофокусные комплексы на территории вулканической области расположены группами, каждая из которых, очевидно, является вершиной глубинной надочаговой структуры — вулканического свода, что подтверждают аномалии поля силы тяжести.

На второй стадии вулканизма структурами генерации были вулканические грабены — линейно вытянутые сооружения протяженностью до 220 км при ширине 5—30 км, основанные на раздвиге, служивших магмопроводящими каналами. Вершины раздвигов осложнены тектоническими клиньями, просевшими по встречным сбросам с амплитудой до 500 м. Образованное лентообразное углубление заполнено массивными агломератовыми аутоминерализованными туфами базальтов, поступившими в виде пирокластических потоков из раздвигов и встречных сбросов. Судя по обилию в туфах анализима и цеолитов, они являются, вероятно, производными субщелочной базальтовой магмы.

Для вулканической деятельности характерно: 1) коэффициент изверженности 60—70%; 2) ограниченное число извержений, формирова-

вших грабены, и однотипность туфов во всех структурах; 3) большие объемы разовой подачи материала, захоронение тefры без переотложения и только в черте грабенов; 4) высокая температура (оплавление резургентных обломов) и газонасыщенность тefры, перемещение ее потоками. В нижнем интеркrustальном ярусе вулканические грабены, вероятно, имеют вид трещинных интрузий.

Вулканические грабены концентрируются на изометричных поднятиях субстрата (обычно угленосно-терригенные отложения верхней перми среди полей раннетриасовых вулканомиктовых толщ), образуя радиально-концентрические, «черепаховые» или линейные с расщеплениями на концах системы. Вероятно, процессы второй стадии протекали также на вулканических сводах.

Вулканизм третьей и заключительной четвертой стадий происходил по вулканическим трещинам. Сначала образовались сложнопостроенные извилисто-ломаные вулкано-структуры протяженностью до 350 км при ширине зон от 1 до 25 км. Они имеют клавишно-блоковое строение, сильно меняющееся по простиранию, состоят из одно- или многорядно расположенных эруптивных трещин, залеченных многократными и многоактными дайками долеритов и туфобрекчий, тектонических клиньев в виде горстов и грабенов и бессистемно расположенных по трассе магмоподводящего разлома неков моногенных вулка-

нов, однофокусных вулканогорстов и кальдер проседания диаметром 1—12 км. Коэффициент изверженности в целом не более 10%, хотя на отдельных отрезках имели место «излияния» пирокластических потоков, опустошавших эруптивные трещины на значительную глубину. Позже возникли простые одношовные кулисные трещины протяженностью до 150 км при ширине раскрытия 10—50 м. Их коэффициент изверженности — доли процента.

Пространственное размещение корней базальтовых вулканов проявляет элементы глубинного строения территории. Они оконтуривают Камовский нуклеар кратона, трассируют региональные и трансрегиональные разломы глубокого заложения, позволяют прогнозировать положительные морфоструктуры рельефа поверхности кристаллического фундамента.

Результаты структурно-палеовулканологического картирования юго-запада Сибирской платформы позволяют сделать некоторые выводы и предложить направления их практического и научного применения.

1. Корни вулканов — сильный фактор при прогнозировании рудоконтролирующих и рудовмещающих структур.

Картирование вулканоструктур показало, что обширная группа пород, считающаяся большинством исследователей гидротермально-метасоматическими образованиями эпохи эксплозивного базальтового вулканизма, образует самостоятельные структуры и является, очевидно, продуктом мезозойского карбонатитового вулканизма. Она представлена породами типа севитов, альвикитов, бефорситов, редберг, магнетит-оливин-кальцитовыми, карбонатно-кремнистыми, кальцит-кварцевыми, апатит-кальцитовыми и галенит-кальцитовыми породами и эруптивными брекчиями. В виде моно- или полиминеральных жил распространены магнетит, кальцит, исландский шпат, целестин, барит, кварц, халцедон, гематит, галенит. Этими породами комплектуются структуры центрального и линейного типов, разнесенные вне трапповых сооружений, хотя отдельные случаи наследования известны. Карбонатиты секут интрузии долеритов и отличаются от кальцитовых пород, связанных с траппами, повышенной радиоактивностью.

Структуры карбонатитов ствольного типа имеют вид магматических диапиров (Чадобецкий купол), групп штоков диаметром до 1 км, обрамленных кольцевой зоной изоклинальной складчатости вмещающих пород (гора Чавида, левобережье р. Таймура [5]) или кольцевых даек (каждая диаметром до 4 км при мощности до 300 м, левобережье р. Северная Чуя), окруженных ореолом радиальных даек, силлов, мелких штоков, жил.

Линейные структуры протяженностью 160 км и шириной зон до 1 км состоят из одно- или многоядных даек карбонатитов, цепочек штоков, некоев минерализованных эруптивных брекчий. Такие крупные линейные структуры, как Путэмэкарская, Пухирьская, Ядинская, Среднеилимпейская, расположены в бассейнах рек Илимпея, Иритка, Чамбэ.

Именно с предполагаемыми карбонатитами в характеризируемом районе связаны все известные здесь проявления магнетита, целестина, барита, бора, марганца, флюорита, гематита, редких зе-

мель, золота и большинство проявлений исландского шпата, меди, апатита, полиметаллов. На более масштабные из них приурочены к трубчатым телам каналов газового прорыва, эксплозивным жерловинам и воронкам проседания над ними, штокам, эруптивным трещинам, опирающимся линейные разломы.

Закономерности локального размещения полезных ископаемых можно видеть на примере структуры горы Чавида: штоки севитов вмещают рудные тела магнетита, развитые вокруг них силлы альвикитов содержат флюоритовую и целестиновую минерализацию, исландский шпат локализован на 5—7 км в радиальных разломах. В итоге выявление структур кальцитовых карбонатитов и элементов их строения позволяет эффективно вести региональный и локальный прогноз связанных с ними полезных ископаемых.

2. Структурно-палеовулканологические карты — эффективная структурная основа для прогнозирования, картирования сейсморазведки и оценки бурением нефтегазоносных структур.

Нефтегазоносность региона подтверждена открытиями Куюмбинского, Собинского, Пайгинского, Юдуконского месторождений, Ванаварского, Желиндуконского и других проявлений углеводородов. Все они находятся в черте трапповых вулканоструктур и имеют сложное блоковое строение продуктивных горизонтов. Одновременно установлено, что размещение пирокластических толщ и субвулканических интрузий долеритов выше ожидаемого уровня локализации углеводородов, изменчивость их состава и мощностей по площади и напряженной блоковая тектоника, возникающая в результате базальтового вулканизма и затронувшая чехол платформы на всю его мощность, оказывают негативное влияние на результаты картирования нефтегазоносных структур при традиционной методике интерпретации геофизических данных. Комплексный анализ структурно-палеовулканологических данных, временных разрезов по сейсмопрофилям и данных нефтегазопроискового бурения свидетельствуют, что ловушки углеводородов как морфоструктуры созданы в результате тектогенеза эпохи эксплозивного базальтового вулканизма и в большинстве случаев представляют собой моноблоки с наклонным залеганием слоев, экранированные на восстании разломами. Представляется, что картировать их можно стандартным набором геофизических методов, если при интерпретации данных учитывать реальную геологическую обстановку, в первую очередь, вулканотектонику. Так, с учетом вулканоструктур по геологии поверхности можно прогнозировать разломно-блоковую структуру продуктивных горизонтов, расположенных на глубине 2,5—3,5 км, определять оптимальное размещение сейсмопрофилей (радиальное в обстановке структур центрального типа, продольно-поперечное на площадях линейных сооружений), выявлять на временных разрезах разломы, экранирующие моноблоки.

Перспективным направлением представляется также выявление через размещение корней вулканов систем глубокопроникающих разломов, служащих путями миграции углеводородов, известных во многих крупнейших нефтегазоносных регионах мира [1]. Пример регионального прогноза нефтегазоперспективных структур на

структурно-палеовулканологической основе рассмотрен в работе [6].

3. Картирование областей древнего вулканизма должно включать специализированные исследования, ориентированные на выявление корней вулканов, определение элементов их строения и закономерностей площадного размещения. Это позволит создать более фактурные геологические карты м-ба 1:200 000 новой серии и получить для карт закономерностей размещения полезных ископаемых тектоническую основу, предметно отражающую ранее не рассматриваемый в должном объеме класс инъективных структур магматического и флюидного происхождения.

4. Структурно-палеовулканологические данные — оригинальная основа для научных разработок.

Модель свода, на вершине которого развита система вулканических грабенов, позволяет предположить, что плато Путорана, гигантское современное высокоамплитудное поднятие, разбитое сетью разломов, в провалах которых сосредоточены озера с колоссальными объемами воды, расположенное на севере Тунгусской синеклизы, — растущий вулканический свод, область будущего эксплозивного вулканизма [7].

Фестончатость вулканоструктур центрального типа, обусловленная горизонтальным рассредоточением магматических расплавов в субвулканической зоне приводит к мысли, что вулканические цепи Алеутских и Командорских островов, п-ова Камчатки, Курильских островов, островов Хоккайдо, Хонсю, Рюкю, Филиппинских островов, островов Танимбар, Флоренс, Ява, Суматра и т. д. есть единый, увенчанный центрами извержений фестончато-кольцевой магмопроводящий разлом глобальной вулканоструктуры. Образование его — результат не тектоники плит, а планетарного магматизма сверхглубокого заложения [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кропоткин П.Н., Валяев Б.М. Глубинные разломы и дегазация Земли //Тектоническое развитие земной коры и разломы. М., 1978. С. 257—267.
2. Лучицкий И.В. Основы палеовулканологии. — М.: Наука, 1971. — Т. 1: Современные вулканы.
3. Лучицкий И.В. Основы палеовулканологии. — М.: Наука, 1971. — Т. 2: Древние вулканы.
4. Сапронов Н.Л. Древние вулканические структуры на юге Тунгусской синеклизы. — Новосибирск: Наука, 1986.
5. Сапронов Н.Л. Структура поля карбонатитов района горы Чавида (бассейн р.Таймуры, Сибирская платформа) и особенности размещения связанных с ними полезных ископаемых //Петрология и полезные ископаемые Красноярского края: Сб.науч.тр. Новосибирск, 1984. С.28—32.
6. Сапронов Н.Л., Соболенко В.М., Москалев В.А. Палеовулканологические реконструкции мезозоя Сибирской платформы (на примере Южно-Тунгусской вулканической области) //Палеовулканологические реконструкции палеозоя Сибири: Сб.науч.тр. Новосибирск, 1988. С. 12—24.
7. Сапронов Н.Л. К вопросу о механизме вулканических извержений в платформенной обстановке // Проблемы палеовулканизма Сибири и вопросы металлогении: Тез.докл. II региональной конференции. Красноярск, 1988. С. 133—135.
8. Сапронов Н.Л. Структурно-палеовулканологическое картирование Тунгусской синеклизы и использование его результатов при поисках полезных ископаемых // Палеовулканизм Алтае-Саянской складчатой области и Сибирской платформы: Сб.науч.тр. Новосибирск, 1991. С. 116—121.
9. Сапронов Н.Л. Результаты структурно-палеовулканологических исследований на юге Тунгусской синеклизы и возможности их использования при изучении областей современного вулканизма //Вулканизм в структурах Земли и различных геодинамических обстановках: Тез.докл. VII вулканологического совещания и IX палеовулканологического симпозиума. Иркутск, 1992. С. 140—141.

УДК 550.93.553.86(571.5)

© Коллектив авторов, 1994

К вопросу о выделении архейских метаморфических комплексов в Заангарской части Енисейского кряжа

Л.К.КАЧЕВСКИЙ, Г.И.КАЧЕВСКАЯ, А.А.СТОРОЖЕНКО, В.К.ЗУЕВ, А.Э.ДИНЕР, Н.Ф.ВАСИЛЬЕВ
(ГП «Красноярскгеолсъемка»)

В процессе крупномасштабных геологических съемок и тематических работ, выполняемых специалистами ГП «Красноярскгеолсъемка», авторами данной статьи в Заангарье Енисейского кряжа достаточно обосновано показано, что ниже разреза тейской серии нижнего протерозоя залегают весьма характерные комплексы метаморфических пород, состав, абсолютный возраст и тектоническое положение которых с большей долей уверенности позволяют отнести их к архею. Они характеризуются своеобразным типом разреза и в виде серии крупных тектонических блоков прослеживаются от р.Большой Пит на юге до Осиновских порогов р.Енисей на севере.

Детальное изучение этих структур позволило выделить два характерных комплекса метаморфических пород: немтихинский, сложенный преимущественно гнейсами и гранитогнейсами, и малогаревский, представленный, в основном амфиболитами, сланцами, мраморами и кварцитами (табл. 1).

Данные образования включались ранее в состав тейской серии нижнего протерозоя или сухопитской серии рифея или выделялись как самостоятельные подразделения раннепротерозойского возраста (абалаковская толща Л.Г.Прожогина, 1964; Е.К.Ковригиной, 1978; порожинская толща Л.К.Качевского, 1976; гаревская тол-

1. Схема стратиграфии раннего докембрия Заангарской части Енисейского края

Эон	Серия	Индекс	Мощность, м	Свита	Стратиграфия	Местоположения стратотипа	Схема корреляции								
							1	2	3	4	5	6	7	8	9
Протерозой	Тейская серия	PR ¹ br ¹	210	250	PR ¹ br ²	PR ¹ br ³	PR ¹ br ⁴	PR ¹ br ⁵	PR ¹ br ⁶						
		PR ¹ hk	600—900	хр. Карпинского	PR ¹ z	1600—1800	Рязановская	PR ¹ hk ¹	PR ¹ hk ²	PR ¹ hk ³	PR ¹ hk ⁴	PR ¹ hk ⁵	PR ¹ hk ⁶	PR ¹ hk ⁷	
		AR ^{mg}	> 900	Малогаревский метаконгломерат	AR ^{mg}	> 900	Плагинейсы биотитовые, биотит-амфиболовые, амфиболиты (метавулканиды), сланцы кварц-полевошпат-двуслюдные, часто с гранатом, нередко со ставролитом, дистеном, силлиманитом; единичные пласты, прослои и линзы полосчатых кварцитов амфибол-диопсидовых кальцифиров (скарноидов), мраморов. Характерно наличие двух хорошо выдержанных пластов: кварцитов (70 м) полосчатых местами цветных мраморов, кальцифиров (90 м). Прослеживаются в нижней половине разреза. Иногда встречаются гранатоподобные амфиболиты. Гранитизация, мигматизация с возрастом 2300 и 1850 млн лет	Р.Тя, выше руч. Рязановский. Парастратотипы — р. Вороговка, ниже устья р. Черная; р. Чана ниже устья р. Тырада	Р.Тя, выше руч. Рязановский. Парастратотипы — р. Вороговка, ниже устья р. Черная; р. Чана ниже устья р. Тырада	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского
		AR ^{nm}	> 1000	Немтинский метаконгломерат	AR ^{nm}	> 1000	Серые плагинейсы биотитовые, двуслюдные амфибол-биотитовые, биотит-амфиболовые, иногда с реликтами моноклинного и ромбического пироксена, кристаллосланцы кварц-полевошпат-двуслюдные нередко со ставролитом, дистеном, силлиманитом; единичные маломощные (до 0,5 м) линзочки кварцитов черных, темно-серых с магнетитом, часто с гранатом. Протяженные линзы гравелитов с голубым кварцем. Гранитизация, мигматизация с возрастом 2500—2800 и 1850 млн лет	Р.Тис, ниже руч. Рязановский. Парастратотипы — Абалаковский выступ	Р.Тис, ниже руч. Рязановский. Парастратотипы — Абалаковский выступ	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского	Свита хр. Карпинского
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
Архей	Гаревская серия (AR)	PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										
		PR ¹ gr			PR ¹ gr										

Примечание. 1 — Л.Ячевский, 1903; 2 — О.Горяинова, 1954; 3 — Л.Лесгафт, 1955; 4 — Л.Качевский, 1976; 5 — Л.Качевский.

ща В.К.Зуева, 1984). Впервые эти породы были отнесены к архею В.М.Волобуевым. Им была выделена гаревская серия, цирконы из гнейсов которой имеют возраст 3—3,5 млрд. лет [4].

Выделение двух самостоятельных комплексов, в отличие от предлагавшихся ранее единых толщ или серий (в частности гаревской), можно признать более правильным, т. к. имеется большая вероятность того, что их формирование происходило в совершенно различных палеогеодинамических обстановках, а единый структурный план приобрели только вследствие последующих метаморфических и тектонических процессов.

Немтихинский метаморфический комплекс на 80% сложен биотитовыми плагиогнейсами. Менее развиты двуслюдяные гнейсы и кристаллические сланцы: силлиманит-гранатовые, амфибол-биотитовые, гранат-гиперстеновые, двупироксеновые, диопсид-гранатовые. Редко встречаются магнетит-гранатовые кварциты и гравелиты с голубым кварцем. При последующей гранитизации гнейсы метаконплекса микроклинизировались и преобразовывались в двуполевошпатовые разности.

Наиболее полный разрез метаконплекса с верхней границей и с наименьшим проявлением гранитизации обнажен в нижнем течении р.Тис, в районе ее левого притока р.Немтиха, где мощность отложений составляет более 1000 м.

В гнейсах метаконплекса сохранились реликты индексов-минералов (и их ассоциации), характерные для гранулитовой и высоких ступеней амфиболитовой, переходящей в гранулитовую, фации метаморфизма: гиперстен, высокоглиноземистый пироксен, альмандин (содержит до 10% пиропового компонента) в ассоциации с ортоклазом, средним плагиоклазом, титанистым биотитом, кианитом, силлиманитом.

Корреляция данного метаконплекса с исаевским, развитым в Ангари-Канском районе (табл. 2), основывается как на сходстве их петрографического, минерального, химического составов, структурно-текстурных характеристик и одинаковой степени метаморфизма, так и по возрасту наложенной гранитизации (2650—2600 млн лет [2] и 2300 млн. лет по стронциевой изохроне, полученной в лаборатории ГП «Красноярскгеолсъемка»).

Резкое преобладание плагиогнейсов, практическое отсутствие слоистости, структурная позиция в виде разновеликих останцов (блоков), окаймленных слоистыми породами пестрого состава, позволяет предположить, что образования как немтихинского, так и исаевского метаконплексов — реликтовые останцы раннеархейского гнейсового массива (литоплинта по Ч.Р.Борукаеву [1]).

Вполне возможно, что образования, слагающие эти блоки, не являются полными возрастными аналогами, но они входили в единый блок и служили тем основанием («поле», «овоид» по Е.Е.Милановскому [9]; «литоплент» по Ч.Б.Борукаеву [1]), на котором развивались зеленокаменные пояса.

Малогаревский метаморфический комплекс выполняется линейные, иногда весьма протяженные, редко небольшие изометричные блоки среди плагиогнейсов немтихинского метаконплекса, а также ограничивает останцы гранитогнейсовых куполов. Данный метаконплекс в отличие от

немтихинского состоит из слоистых пород пестрого литолого-петрографического состава. Помимо меланократовых плагиогнейсов (см. табл. 2) в его состав входят роговообманковые и тремолитовые высокомагнезиальные амфиболиты, диопсид-тремолитовые кальцифиры, мраморы, полосчатые плагиоклаз-кварцевые породы, железистые диопсид-гранатовые кварциты. Характерна невыдержанность разрезов метаконплекса. Так, в бассейне р.Кутукас отмечается большое количество пачек кварцитов среди амфиболитов, а в бассейне рек Малая Гаревка, Чиримба, Нижняя Ведуга преобладают высокомагнезиальные амфиболиты, которые по геохимическим и петрохимическим характеристикам, можно отнести к базальтовым и пироксенитовым коматиитам [7].

Породы малогаревского метаконплекса имеют тектонические контакты с гнейсами немтихинского метаконплекса, при этом границы блоков в большинстве случаев подчеркнуты телами мигматит-гранитов.

Возраст малогаревского метаконплекса, как архейский, обоснован недостаточно и требует дополнительных исследований. Имеется определение абсолютного возраста свинца из мраморов, обнаженных по р. Тис — 2,7 млрд лет [2].

Реконструкция первичной природы амфиболитов и амфиболовых гнейсов малогаревского метаконплекса различными петрохимическими методами позволила определить широкий диапазон состава основных пород: от пикрито- до андезитобазальтов, а также наличие среди амфиболитов парапород. Небольшая часть биотитовых и гранат-биотитовых плагиогнейсов и гнейсов интерпретируется как метариолиты. Характерно отсутствие типичных андезитов. Такой меланократовый тип вулканизма (преобладание базальтов, в т.ч. магнезиальных, наличие коматиитов, практическое отсутствие андезитов, незначительное содержание кислых разностей) позволяет сопоставить образования малогаревского метаконплекса с ассоциацией пород первичных зеленокаменных поясов [5].

Общеизвестно, что зеленокаменные пояса потенциально рудоносны на золото и полиметаллы и являются первичными их источниками. По нашему мнению, именно наличием в регионе подобных поясов и объясняется его основная золоторудная и полиметаллическая специализация (результат реоморфической концентрации металлов в рудопроявлениях и месторождениях).

Для выделяемых немтихинского и малогаревского метаконплексов характерно интенсивное насыщение их ортоклазовыми и микроклиновыми ультрамагнетными мигматит-гранитами, переходящими в автохтонные и параавтохтонные гранитные тела. При концентрации последних формируются гранитогнейсовые купольные структуры (Тейский, Гаревский, Кутукаский, Чиримбинский и др.).

Образования метаконплексов интенсивно и многократно диафорированы в связи с наложенными нижнепротерозойской амфиболитовой и рифейскими зеленосланцевыми фациями регионального метаморфизма, а также динамометаморфизма.

Анализ фактического материала по раннедокембрийским образованиям Енисейского края с позицией современных представлений о динами-

ке становления первичной континентальной коры [9, 10] позволил выделить в пределах региона на архейском уровне структурно-вещественные комплексы (СВК) чарнокит-гранулитового пояса, литоплинта и зеленокаменных зон [2].

В Ангара-Канском районе Енисейского края основную площадь занимают СВК чарнокит-гранулитового пояса (канская серия), а фрагменты СВК литоплинта (образования исаевского метаконгломерата) и зеленокаменных зон (образования среднеловского метаконгломерата) сохранились в виде единичных узких чешуй. В Заангарском районе блоки, сложенные СВК литоплинта (немтихинский метаконгломерат), совмещенные с блоками зеленокаменных зон (малогаревский метаконгломерат), занимают большую западную часть региона. СВК чарнокит-гранулитового пояса (или его фрагмент) расположены, по данным интерпретации геофизических материалов, в крайней восточной части Заангарья, перекрыты мощными амагматическими шельфовыми толщами рифейского возраста. Граница паралитоплита и литоплинта тектоническая и фиксируется в Заангарье — Ишимбинским, а в Ангара-Канском регионе — Ковдорским глубинными разломами. Им присущи несколько этапов тектоно-магматической активизации с проявлениями как корового (гранитного), так и мантийного (базитового, ультраосновного-щелочного) магматизма. Несмотря на раннюю (раннеархейскую?) стабилизацию чарнокит-гранулитового и литоплинтного комплексов, их граница (шовная зона) обычно весьма «живуча». С этих позиций, по нашему мнению, и объясняется приуроченность к упомянутым зонам основного объема проявлений и месторождений золота, редких земель и редких металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борукаев Ч.Б. Структура докембрия и тектоника плит. — Новосибирск: Наука, 1985.

2. Волобуев М.И., Зыков С.И., Ступникова М.И. Свинцово-изотопная геохронология докембрийских метаморфических комплексов юго-западного окраина Сибири / Геохронология Восточной Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1980. С. 14—31.
3. Волобуев М.И., Зыков С.И., Ступникова Н.И. Геохронология докембрийских формаций Саяно-Енисейского региона Сибири. Актуальные вопросы современной геохронологии. — М.: Наука, 1976.
4. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1 000 000. Объяснительная записка. Лист Р-46, 47 — Красноярск // Отв. ред. Е.К.Ковригина, Н.С. Подгорная. Л., 1978 (Мингео СССР, ВСЕГЕИ).
5. Геохронология СССР. Т.1, — Л.: Недра, 1973.
6. Гликсон А. Стратиграфия и эволюция первичных и вторичных зеленокаменных комплексов; данные по щитам южного полушария // Ранняя история Земли. Мир, 1980. С. 264—285.
7. Заблоцкий К.Л., Сопрончук В.Р. Реконструкция первичного состава раннедокембрийских метаморфических пород юга Енисейского края // Проблемы геологии и металлогении Красноярского края. Новосибирск, 1989. С. 100—109.
8. Качевская Г.И., Качевский Л.К., Зуев В.К. К вопросу о выделении нового (шумихинского) базит-ультрабазитового субвулканического комплекса в Заангарье Енисейского края // Проблемы стратиграфии и магматизма Красноярского края и Тувинской АССР. 1991. Вып. 2. С. 78—80.
9. Кратц К.О., Митрофанов Ф.П. О докембрийской земной коре материков (древнейших щитов), ее становлении и тектонической эволюции // Проблемы тектоники раннего докембрия. Л., 1980. С. 147—169.
10. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли. — М.: Наука, 1978.
11. Ножкин А.Д., Малышев В.И., Сумин Л.В. Геохронологическое исследование метаморфических комплексов юго-западной части Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1989. № 1. С. 26—33.
12. Прокопьев Л.Г. К вопросу о положении границы архей-протерозой в Енисейском крае // Геология юго-западного обрамления Сибирской платформы. Л., 1964. С. 139—143.

Геофизика и глубинное строение

УДК 550.8.05

© Коллектив авторов, 1994

Банки прогнозов на основе интеграции комплексной геолого-геофизической информации

Э.Ю.МИКОЛАЕВСКИЙ, В.А.ЕРХОВ, В.М.ЕВСЕЕНКО, М.Ф.АНИСКОВИЧ, Т.В.МАШИНСКАЯ, В.И.ШЕСТАКОВ (ВНИИГеофизика)

Развитие в сторону банков прогнозов — естественная тенденция современных информационных и интерпретационных систем. За последние 10 лет возросло доверие к геофизической информации. Геологи увидели привычные объекты на временных разрезах и каротажных диаграммах: литологические и стратиграфические ловушки, тектонические нарушения, надвижки и т.д. Обычным стало комплексирование сейсморазведки и ГИС. Эта ситуация примерно одинакова как

в России, так и в остальном мире («ИНТЕРСЕЙС», «СЦС-3» — Россия; «ИНТЕГРАЛ» — Франция; «ЛАНДМАРК» — США и др.). Но в отношении несейсмических полевых методов: электроразведки, грави- и магниторазведки, аэрокосмических и геохимических методов — положение у нас и во всем остальном мире различно: в России объемы этих работ традиционно стабильны. Практические результаты по всем регионам значительны, разработаны их теоретико-

методические основы. В остальном мире доля и роль несейсмических полевых методов, за редкими исключениями, менее значительны, и накопленные заделы не так велики, что подтвердилось, например, на конгрессе SEG-92 в Москве. Эта разница обусловила становление в России плодотворной идеи комплексности геолого-геофизических работ, в т.ч. комплексности интерпретации результатов полевых исследований с целью прогнозирования полезных ископаемых. Существует немало примеров, когда привлечение результатов полевых несейсмических методов и геологической информации приводило к однозначному решению поисково-разведочных задач. Успешно развиваются автоматизированные системы комплексной интерпретации: РЕГИОН, КОМПАК, КОМПАК-ГЕОКОМПАС, КОМПАК-СЕЙС, АЛИСА (Россия), ПРИПЯТЬ (Белоруссия) и др. В западных нефтегазовых фирмах (Шелл, Конако, Тексако и др.) подобные системы являются технологическим секретом, возможно, как основа мощных прогнозных банков данных. За редкими исключениями, например, Тайгрес (Саймон Петролеум технолоджи), сведения о них не публикуются. Можно предположить, что в них широко использована в комплексе геологическая, каротажная, сейсморазведочная и полевая несейсмическая информация. Из отечественных наиболее развита в создании прогнозных банков данных система КОМПАК-ГЕОКОМПАС (ВНИИгеофизика), опробованная во многих регионах России и являющаяся основой для содержательного и экономического становления банков прогнозов на нефть, газ, воду и другие полезные ископаемые с использованием информационной и содержательной интеграции комплексной геолого-геофизической информации.

Связь геофизических полей и геологических объектов как естественная основа создания банков прогнозов. Возможности существования банков прогнозов базируются на принципиальной связи петрофизических, вероятностных и физико-геологических оценок и моделей геофизических полей с литологией, структурой, термодинамикой и фильтрационно-емкостными параметрами геологических объектов. Это возможно, поскольку месторождения горючих (и не только горючих) полезных ископаемых представляют собой контрастные по микроструктуре геофизических полей, генезису и (или) морфологии многокомпонентные и многофазные объекты по сравнению с окружающей средой.

Петрофизической основой создания банка прогнозов, таким образом, являются различия в физических свойствах поисковых объектов, зон нефтегазоаккумуляции или залежей нефти, газа и воды в зависимости от термодинамических условий их формирования и залегания: эффективного давления, температуры и насыщения. Например, различия в скоростях и спектрах продольных волн позволяют разделять поисковые объекты по характеру флюидонасыщения в широком диапазоне глубины. Там где значения этих параметров перекрываются, следует привлекать другие материалы, чтобы произвести указанное разделение, например, данные о скоростях поперечных волн, поглощении продольных и поперечных волн, сопротивлении пород и т.д. Поэтому возможна и необходима разработка математических средств, специально ориентированных на синтез

комплексной геолого-геофизической информации и анализ подобий, особенностей и пороговых явлений при установлении причинно-следственных связей для прогноза при региональных и поисково-разведочных работах, а также на стадии доразведки и этапе разработки месторождений.

Математической основой решения указанных задач формирования банка прогнозов являются в настоящее время формально-распознавательские средства (факторный, кластерный и регрессионный анализ, теория марковских цепей и т.д.), а в последующем и детерминистские методы (палеотектонические реконструкции, петрофизические уравнения, связывающие коллекторские и физические параметры, моделирование волновых и обработка потенциальных полей).

Предполагается, что набор исходных геологических, геофизических и петрофизических признаков достаточно хорошо отражает объективно существующую картину. Задача состоит в выделении из всего множества узлов регулярной сети некоторых подмножеств, для которых существуют явные отличия в значениях используемых признаков, определенных в этих узлах.

Например, для задачи прогноза аномальных зон исследуемые геофизические поля или их совокупности разбиваются на классы. В классификации без эталонов используются кластерный анализ и тапсомия, а также факторный анализ.

Комплексность исходной информации — качественно новая ситуация для создания банков прогнозов. Использование всей доступной геофизической и геологической информации позволяет:

трансформировать множество полей геологических и геофизических данных в поля прогнозных физических и коллекторских свойств: зон нефтегазоаккумуляции, контуров флюидных контактов, карт линейных запасов, пористости, проницаемости, эффективной толщины, нефтегазоводонасыщенности, глинистости, карбонатности, песчанистости и др.;

снизить затраты на геологоразведочные работы за счет «оживления» находящихся в архивах результатов комплекса методов, традиционно имеющих статус неубедительных, неоднозначных и даже отрицательных. Рассмотрение их в комплексе позволяет ранжировать исследованные территории по степени прогнозной перспективности, и в частности выявить ранее пропущенные нефтегазоаккумулярующие зоны и толщи, месторождения, ловушки и коллекторы;

выявить скрытые потенциальные возможности данных геофизики (в т.ч. несейсмических методов) для прогнозных оценок по комплексу методов сложных свойств поисковых и разведываемых объектов: напряженного состояния, проницаемости, геометрии, нефтегазоводонасыщенности, структуры порового пространства, зон дилатансии, трещиноватости, кавернозности и др. Это, как правило, невозможно сделать в рамках одного метода;

снять проблемы неоднозначности результатов обработки, интерпретации и прогноза, а также универсией интерпретационных зависимостей (типа пористость — акустическая жесткость, пористость — относительное сопротивление), что



Рис. 1. Комплексная интерпретация на основе системы КОМПАК-ГЕОКОМПАС как завершающий этап изучения геологического объекта

является, скорее, правилом, чем исключением, при однометодных интерпретации и прогнозе;

выявить роль геологической информации не-сейсмических методов, без которых зачастую невозможно построение физико-геологической модели объекта (плотность, зоны разуплотнения или напряженного состояния, неотектоника);

предложить пользователям геолого-геофизической отрасли и нефтегазовой индустрии новый вид услуг, состоящих в глубокой обработке и интерпретации с целью ранжирования, опоискования, разведки и доразведки территорий, а также контроля за разработкой объектов.

Методической основой создания банка прогнозов является, таким образом, комплексность, позволяющая накапливать инвариантную характеристику, например, оценку характера насыщения, по данным различных методов.

Ориентация на банки данных, СУБД, связь со смежными пакетами. Банк прогнозов должен создаваться как информационно-интерпретационная система, интегрирующая информацию от методных обрабатывающих и интерпретационных пакетов и извлекающая из этой информации геологические результаты (рис. 1). Поэтому третьим стратегическим принципом при создании банка прогнозов является доброжелательный подход к смежным системам (ИНТЕРСЕЙС, ГРАВИПАК и др.).

Таким образом, информационной основой для создания банка прогнозов являются схемы, карты и разрезы, составленные по геологическим и полевым геофизическим параметрам, — литофациальные, палеотектонические, тектонические и неотектонические, структурные, скоростей, динамических электрических параметров, приращений силы тяжести, импедансов и т.д., а также результаты бурения, ГИС и оценки коллекторских свойств — карты отметок ГЖК, удельных сопротивлений, эффективной толщины, пори-

стости и ее трещинной и кавернозной компонент, проницаемости, нефтегазонасыщенности, глинистости и т.д. Информация состоит из фактографических материалов и подробных комментариев к ним. Предусмотрено расширение информационного поля объектов за счет хранения и использования информации о линиях тектонических нарушений, выклиниваниях, ограничениях прогноза и т.д.

В результате проведения полевых исследований каждый узел заданной на исследуемой площади регулярной сети охарактеризован вектором признаков. Каждый признак — это значение одного из геофизических параметров: сейсморазведочных (значения T_0 , глубины отражающего горизонта, эффективные или интервальные скорости и т.д.), электроразведочных (например, значения модуля импеданса), гравиразведочных (например, значения аномальной составляющей приращения силы тяжести), магниторазведочных и др. В качестве признаков могут быть привлечены также геологические, геохимические и аэрокосмические параметры, а в качестве эталонов — их значения по скважинам.

Банк прогнозов является интеллектуальной вершиной банка геолого-геофизических данных. На рис. 2 представлены виды информации и категории пользователей банка геолого-геофизических данных и банка прогнозов. Наиболее интегрированная и обобщенная — модельная, прогнозная и управленческая информация — применяется и наиболее высокими категориями пользователей: геофизиками широкого профиля, геологами и руководством организаций геолого-геофизической отрасли и нефтегазовой индустрии. Следовательно, появляется новый вид услуг по сравнению с традиционными для банков данных информационными услугами, а именно, определение кондиций и ранжирование территорий, в т. ч. выявление нефтегазоперспективных

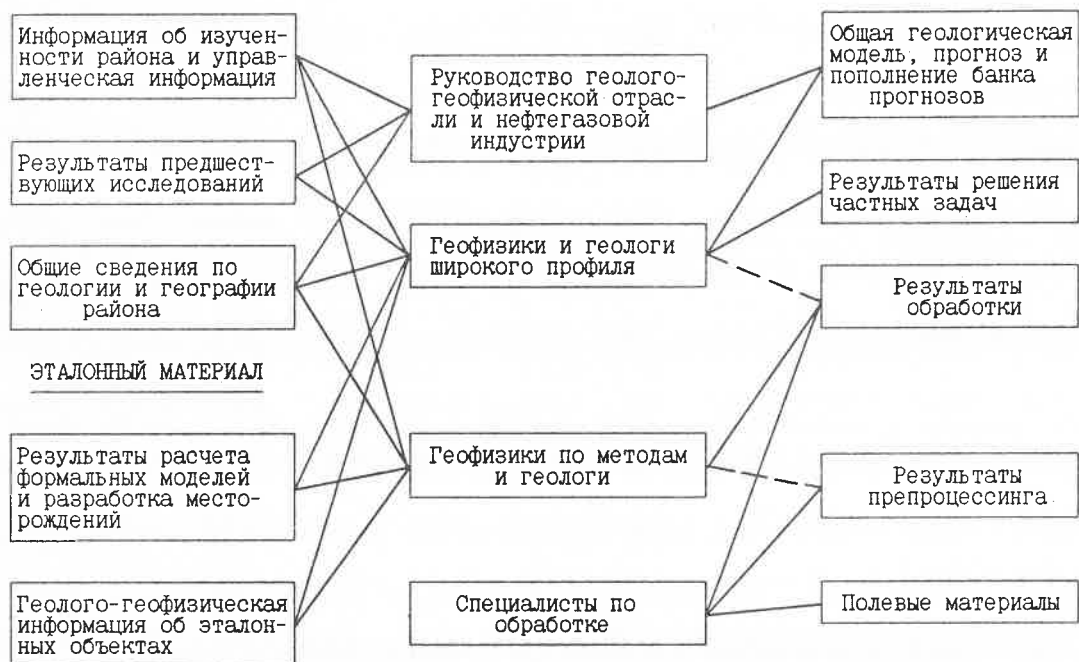


Рис. 2. Категории пользователей геолого-геофизической информацией банка априорных данных, текущего комплекса работ и моделей

зон, опосредованное, разведка и доразведка. На рис. 3 изображены этапы прохождения и интеграции геофизического материала, начиная от полевых данных и кончая банком прогнозов и моделей, имеющим решающее значение для управления региональными, поисковыми, разведочными работами и для разработки месторождений.

Технологическая основа и комплекс средств банка прогнозов и моделей. Такой основой является использование банков данных, развитой управляющей системы и возможностей интерактивного и пакетного режимов, что позволяет повышать оперативность интерпретации и включать в нее как данные многих методов, так и интуицию и опыт геофизика и геолога.

Комплекс средств, обеспечивающих эту технологию, представляет собой управляющую подсистему, набор пакетов программ и автономных подсистем для решения указанных геологических задач, а также для сервисных функций: загрузки и модификации баз данных, визуализации результатов, трансформации исходных полей с целью расширения признаков пространства. Управляющая подсистема (УПС) представляет пользователю программные средства языка управления заданиями (ЯУЗ), благодаря чему реализуется возможность работы пользователя с системой. Кроме того, УПС позволяет включать в систему новые программные средства, конструировать и хранить графы обработки, унифицировать соглашения о связях.

Автономные подсистемы имеют свой ЯУЗ и обеспечивают диалог-интерфейс со смежными системами (ИНТЕРСЕЙС, ГРАВИПАК), визуализацию

и графическое оформление результатов работы. В предыдущих версиях автономные подсистемы играли более значительную роль, пролонгируя привычные для пользователя возможности КОМПАК-ГЕОКОМПАС, созданные до разработки последних версий, сбалансированных по технологии. При этом на внутренние конструкции пакетов и на используемые программные средства не накладываются жестких ограничений. Однако можно представить себе структуру КОМПАК, ИНТЕРСЕЙС, ГРАВИПАК, ЭПАК и других систем как сетевую, в которой задания, ресурсы, программные средства и представления данных связаны через технологию решения задач и их отдельных этапов, включая итерации, переобработку, интерактив и т.д. Реализация управления такими связями определяет высшую степень автоматизации обработки и интерпретации, но автономных представлений и средств для нее явно не достаточно. По современным понятиям единство программного обеспечения и баз данных возможно на основе конструирования прикладных пакетов и систем под управлением СУБД, для которой «стерты» методные различия между хранимыми данными и сильны организация и управление сложными связями между объектами хранения. Такая СУБД является системной основой банка прогнозов и связанного с ним программного хозяйства. Это позволяет использовать для комплексной интерпретации как данные самого мощного полевого метода — сейсморазведки, так и ценнейшую информацию о ГИС и о потенциальных полях и их трансформантах с целью расширения исходного информационного поля.

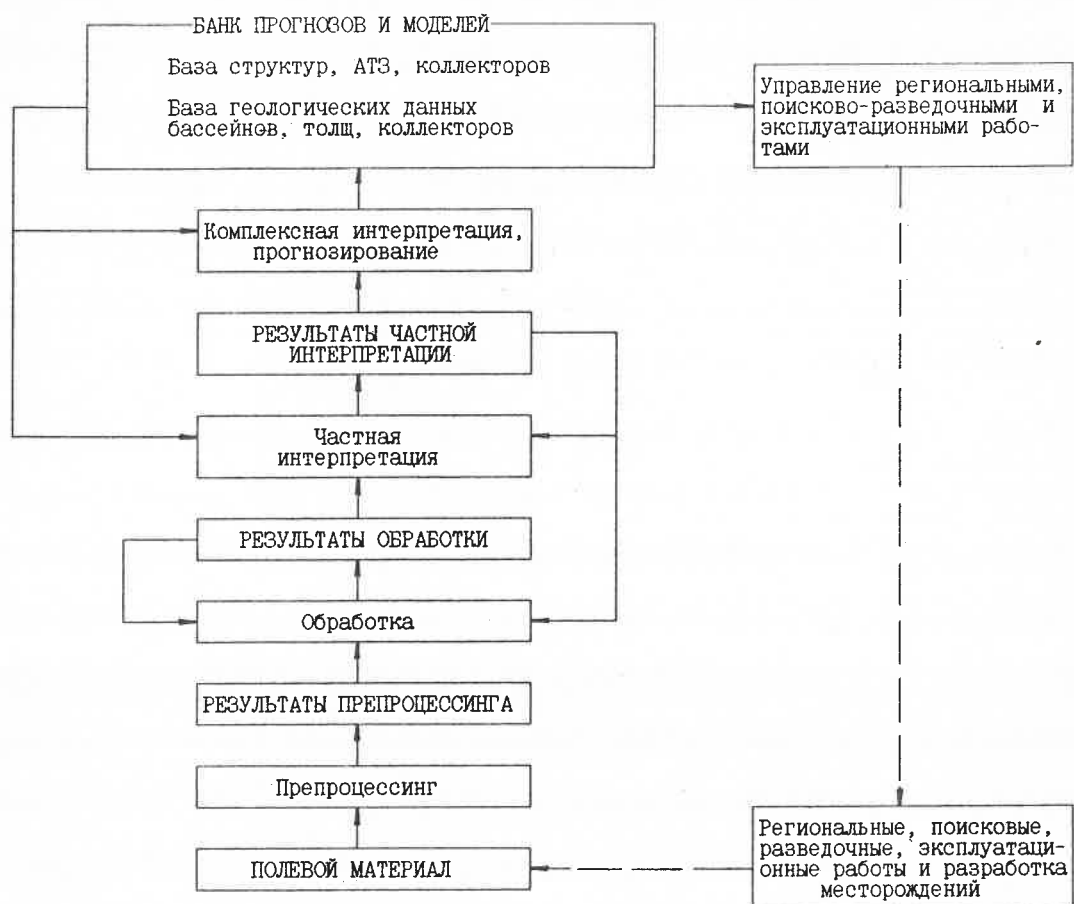


Рис. 3. Этапы прохождения геофизического материала

Технологическая полнота и прогнозные геологические результаты. Банк прогнозов должен быть обеспечен автоматизированной программно-методической технологией решения геологических задач на региональном, поисковом и разведочном этапах геологоразведочных работ. На этих этапах и их стадиях для всех регионов России реализуется технологический цикл, который позволяет:

- осуществлять автоматизированный ввод всей информации;

- создавать базы данных и банки прогнозов и производить автоматизированное управление банками данных и прогнозов;

- осуществлять многовариантность решений по прогнозированию коллекторских параметров и оконтуриванию нефтегазоперспективных участков, основанных на различных физико-геологических моделях и различных математических методах: регрессионном, кластерном и дискриминантном анализе, теории марковских цепей, решении систем петрофизических уравнений, цепочках решений прямых и обратных задач;

- определять достоверность и надежность построений по статистическим оценкам методов прогноза;

- на основе обработки геолого-геофизической информации по эталонным участкам и геофизических материалов по исследуемым площадям осуществлять автоматизированный выбор наи-

лучшей информативной комбинации признаков для прогнозирования морфологии и внутреннего строения залежей нефти и газа. Наличие последней информации позволяет создать физико-геологическую модель месторождений, определить рациональные участки заложения поисково-разведочных скважин и добиться их существенного сокращения за счет законтурных скважин или тех, что часто попадают в зоны замещения коллекторов плотными породами;

- выполнять подсчет запасов нефти и газа по категориям D₃, D₂, D₁; C₃, C₂, C₁;

- осуществлять автоматизированное ведение банка прогнозов и вывод результатов прогноза на графопостроители.

В банке прогнозов хранятся следующие геологические результаты:

- выделенные аномалии на региональном и поисковом этапах геологоразведочных работ, в т. ч. прогноз зон нефтегазонакопления, оценка масштабов открытия;

- геометризация нефтегазоперспективных объектов на поисковом и разведочном этапах; прогноз флюидных контактов с оценкой его достоверности;

- прогноз и моделирование физических, в т. ч. коллекторских, параметров на поисковом и разведочном этапах с оценкой достоверности прогнозов; подсчет запасов на всех этапах по различным категориям;

оценка проектных точек заложения скважины на региональном поисковом и разведочном этапах по критериям или комбинациям критериев; максимум отношения сигнал—помеха, где в качестве сигнала используется значение прогнозируемого параметра, а помехи — ширина доверительного интервала;

максимум прогнозируемого параметра (например, толщины продуктивного коллектора);

максимум запаса на единицу неразбуренной площади;

максимальная похожесть на продуктивные скважины;

максимальная непохожесть на продуктивные скважины;

максимальная похожесть на водоносные скважины;

максимальная непохожесть на водоносные скважины;

максимальный прирост информации и т.д.

Выбор оптимальных комплексов данных и надежность. Комплексная интерпретация начинается с формирования информативной базы по эталонному и исследуемому объектам, включающей материалы ГИС, результаты опробования как продуктивных, так и законтурных скважин, физические параметры по материалам всех доступных в районе наземных и аэрокосмических геофизических исследований.

Селекция информативных признаков (из общего числа вводимых в решение) может производиться автоматически или декларативно. Автоматический выбор осуществляется на основе минимизации ошибок прогнозных решений на эталонных объектах (например, скважинах), для которых известны достоверные значения как искоемых (прогнозных) параметров, так и исходных признаков. Декларативный выбор комбинации информативных признаков основывается на физико-геологической модели исследуемого объекта, теоретических и экспериментальных результатах, проверке гипотез, исследовательских просчетах на достоверном материале. Не редки случаи, когда один из способов подтверждает или дополняет другой.

Надежность полученных решений характеризуется набором оценок. Например, для прогноза эффективной толщины залежи определяются максимальная, минимальная и средняя оценки; стандарт ошибки; коэффициент корреляции; F — статистика, отношение среднего значения к ширине доверительного интервала. В совокупности это позволяет выбирать оптимальные варианты прогнозов, моделей, параметров.

Геологическая и экономическая эффективность. В соответствии со сформулированными принципами в НППГ «Нефтегеофизика» завершена разработка для нескольких типов ЭВМ и в различных регионах страны проведено опытно-промышленное опробование прогнозной автоматизированной пакетной и диалоговой многовариантной системы на основе комплексной обработки, интерпретации и моделирования КОМПАК-ГЕОКОМПАС и ее информационной основы — системы управления базами данных СУБД ГЕОКОМПАС. В совокупности разработанное для разных ЭВМ программное хозяйство является основой для новшеств, резервом для конструирования новых версий (в частности, на рабочих станциях и персональных компьютерах) и фондом технологических ноу-хау.

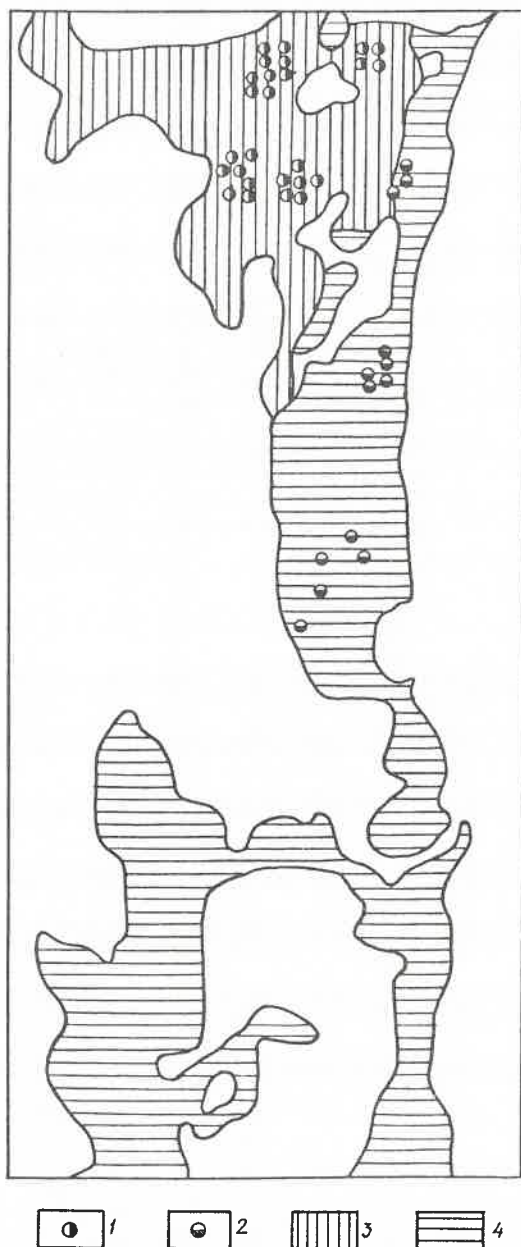


Рис. 4. Прогнозная карта перспектив нефтегазоносности Приенисейской моноклинали:

продуктивные скважины: 1 — Енисей-Хатангского прогиба; 2 — Приенисейской моноклинали; прогнозно-перспективные площади: 3 — енисей-хатангского типа; 4 — приенисейского типа

Высокая эффективность комплексной обработки и интерпретации геолого-геофизических данных с применением автоматизированной системы КОМПАК-ГЕОКОМПАС с целью прогнозирования емкостных параметров пластов-коллекторов, их нефтенасыщения и эффективных мощностей, контуров нефтегазоносности как предполагаемых, так и разведываемых залежей подтверждена на ряде площадей, расположенных в различных геоструктурных условиях.

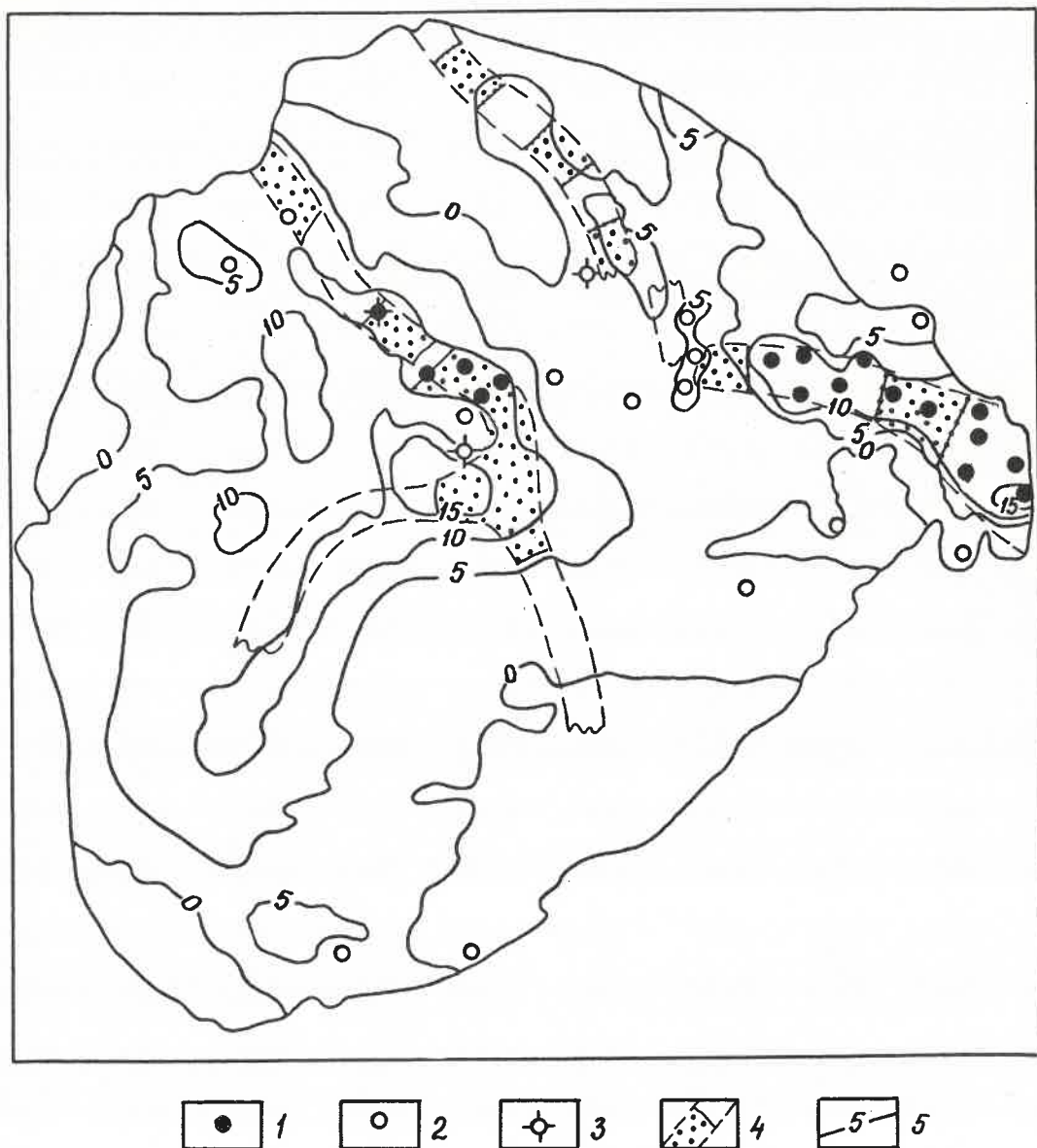


Рис. 5. Карта прогноза зон улучшенных коллекторских свойств площади о.Колгуев:

скважины: 1 — продуктивные, 2 — непродуктивные, 3 — завершенные бурением после прогноза; 4 — палеоруслы и зоны разгрузки, по З.П.Юрьевой (1989), 5 — изолинии эффективной пористости, % ($K_{\text{пор}} \times K_{\text{нефтегас}}$)

Такие работы проводились в Восточной Сибири на Юрубчено-Тохомском месторождении Байкитской антеклизы и на Непском своде, Сензянской площади Красноленинского свода и Ай-Пимской структуре в Западной Сибири, Астраханской, Имашевской, Кузьябаевской, Западно-Вишневской и Первомайской площадях бортовых обрамлений Прикаспийской синеклизы, Киенгопском месторождении Урало-Поволжья, Песчаноозерском месторождении и прилегающих площадях о.Колгуев, Лемъюсской и Харьягской площадях Тимано-Печорской провинции, Кырыкмылтыкской площади Казахстана, а также в зоне сочленения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы.

Этими исследованиями были определены воз-

можности, оценена эффективность технологии и ряда методических приемов для решения геологических задач на различных этапах геологоразведочного процесса.

На региональном этапе реализация программ КОМПАК-ГЕОКОМПАС осуществлена в трех регионах: зона сочленения Западно-Сибирской плиты с Сибирской платформой; Тимано-Печорская провинция (о.Колгуев); Непский свод (Якутия).

В первом из них исследования проводились на территории площадью около 500 тыс. км² (рис. 4). При ее районировании в качестве оптимального комплекса данных (признаков) использовались структурные карты по поверхности фундамента и горизонтам осадочной толщи, кар-

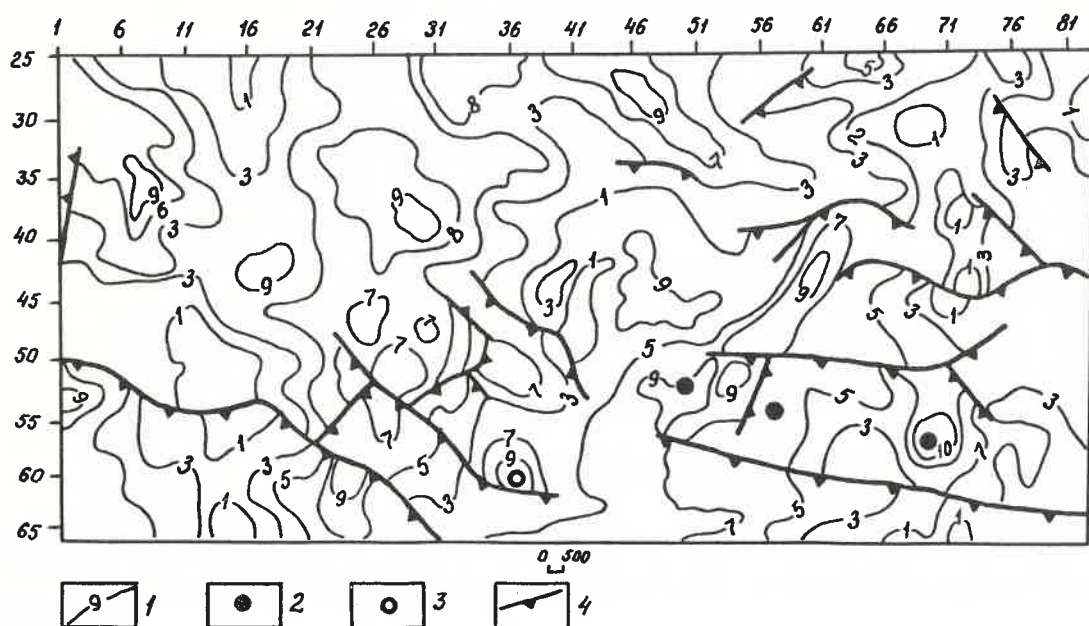


Рис. 6. Прогноз нефтегазоперспективности горизонтов среднего девона на Дальнем Саратовском Заволжье (Бузулукская впадина):

1 — изолинии уровней перспективности; 2 — скважины; 3 — скважина, давшая приток нефти, пробуренная после прогноза; 4 — линии предполагаемых тектонических нарушений

ты потенциальных полей и их трансформант, эффективных сейсмических скоростей, продольной проводимости и электрических импедансов. В результате машинной обработки и интерпретации фактических материалов по данным кластеризации с обучением в центральной части района выделена крупная субмеридиональная прогнозно-перспективная зона. Северо-западная часть ее образует самостоятельный кластер, объединяющий Пелятинское, Казанцевское, Мессояхское и Сепенинские месторождения южного борта Енисей-Хатангского прогиба. Восточная, центральная и южная части этой прогнозно-перспективной зоны распознаются другим кластером, соответствующим обобщенной физико-геологической модели Сузунского, Лодочного и Зимнего месторождений, расположенных на севере Приенисейской моноклинали. Суммарные размеры перспективной площади, в пределах которой можно ожидать выявления новых нефтяных объектов, близких по физико-геологическим характеристикам к перечисленным месторождениям, составляют около 40000 км² (8% исследуемой площади).

Приведенные материалы могут быть использованы для обоснования первоочередных направлений геологоразведочных работ на северо-востоке Западно-Сибирской плиты. Геофизические исследования с целью подготовки структур к глубокому бурению здесь следует начать непосредственно с прогнозно-перспективной на нефть зоны.

На о.Колгуев оценивались перспективы нефтегазонасности нижнетриасовых отложений, продуктивность которых установлена на Песчанозерском и Таркском месторождениях. В качестве информативных признаков использовались данные полевых геофизических методов: сейсморазведки, гравиразведки и магниторазведки. Эта-

лонная информация была представлена также сведениями по 39 продуктивным и 17 непродуктивным скважинам (рис. 5).

В результате многомерного анализа, при котором наиболее информативными являлись данные потенциальных полей и структурные сейсмические карты по нижней перми и отдельным горизонтам триаса, выделены прогнозируемые триасовые палеоруслы, которым соответствуют увеличенные значения эффективных толщ нефтенасыщенных песчаников и их улучшенные фильтрационно-емкостные свойства.

В соответствии с характером потенциальных полей, довольно четко отображающих основные особенности тектонического строения острова, триасовые палеоруслы отвечают ослабленным зонам в структуре осадочных образований. Поэтому установленное посредством КОМПАК-ГЕОКОМПАС размещение этих зон, представленных, как правило, высокеемкими пластами-коллекторами, позволит ориентировать геологоразведочные работы непосредственно на перспективную территорию.

На поисковом этапе программа КОМПАК-ГЕОКОМПАС реализована на ряде площадей Прикаспийской впадины, в пределах Камско-Кинельской системы прогибов Урало-Поволжья и в Салымском районе Западной Сибири.

Наиболее характерные результаты получены по Кузьябаевско-Первомайской и Западно-Вишневской площадям Дальнего Саратовского Заволжья, где в условиях слабой охваченности территории глубоким бурением на основе комплексной интерпретации сейсмической информации о морфологии среднедевонских и нижнекаменноугольных горизонтов, данных потенциальных полей, карт толщин между продуктивными горизонтами, данных дешифрирования дистанцион-

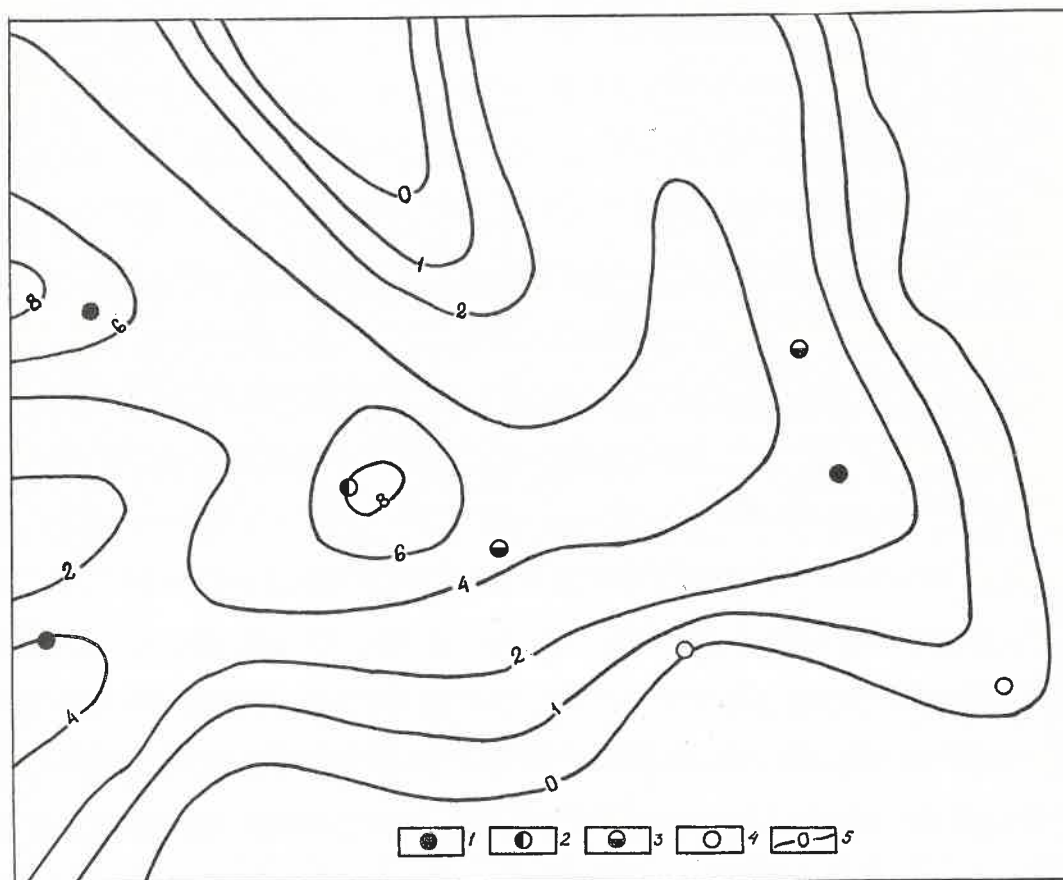


Рис. 7. Карта прогноза линейного запаса газа ($H_{эфф} \times K_{пор} \times K_{газонас}$) Имашевской площади Прикаспия:

скважины: 1 — продуктивные, вскрывшие ГВК, 2 — продуктивные, с расчетным значением параметра, 3 — не вскрывшие продуктивный горизонт, 4 — непродуктивные; 5 — изолинии коэффициента линейного запаса газа, м

ных методов, производных магнитного поля выявлено и оконтурено несколько перспективных зон (рис. 6). Один из наиболее четких критериев перспективности — нефтенасыщенные толщины. Прогнозируемый градиент изменения этого параметра не превышает 1 м, благодаря чему выделенные перспективные зоны имеют довольно четкие очертания и надежную привязку в плане.

При обработке разнопланового геолого-геохимического материала установлено, что повышение достоверности прогноза обеспечивается при совместном анализе данных геофизических съемок с результатами дешифрирования аэрофотоснимков, морфоструктурных и геохимических исследований. Над продуктивными структурами часто формируются геотермогеохимические аномалии, связанные с восходящими потоками флюидов и тепла, а также с физико-механическими преобразованиями осадочного чехла в ходе неотектонических движений, приводящих в итоге к изменению гипсометрии рельефа, планового рисунка гидросети, образованию линейamentных и параллельно-грядовых форм рельефа, врезанных долин и других структурных форм.

Приведенная информация об изменении нефтенасыщенных толщин основных продуктивных горизонтов в пределах Дальнего Саратовского

Заволжья и, следовательно, контуров нефтеносности выявленных здесь залежей нефти использована для корректировки размещения очередных разведочных скважин.

На Имашевской площади, примыкающей с юго-востока к Астраханскому газоконденсатному месторождению, получен граф обработки для оценки таких подсчетных параметров, как пористость и эффективная толщина залежи. При использовании для этих целей материалов сейсморазведки, гравиразведки и магниторазведки, увязанных с данными ГИС пробуренных здесь редких разведочных скважин, удалось оценить ресурсы газа в недрах месторождения без дополнительных буровых работ, производство которых было запрещено по экологическим требованиям (рис. 7).

В данном случае реализация программ КОМПАК-ГЕОКОМПАС позволила, с одной стороны, существенно ограничить затраты на разведочное бурение, а с другой, — (в связи с высокими концентрациями в газе агрессивных компонентов) учесть проблему сохранения окружающей среды.

На разведочном этапе возможности системы КОМПАК-ГЕОКОМПАС реализованы на Астраханском ГКМ и Юрубчено-Тажомском газонефтяном месторождении.

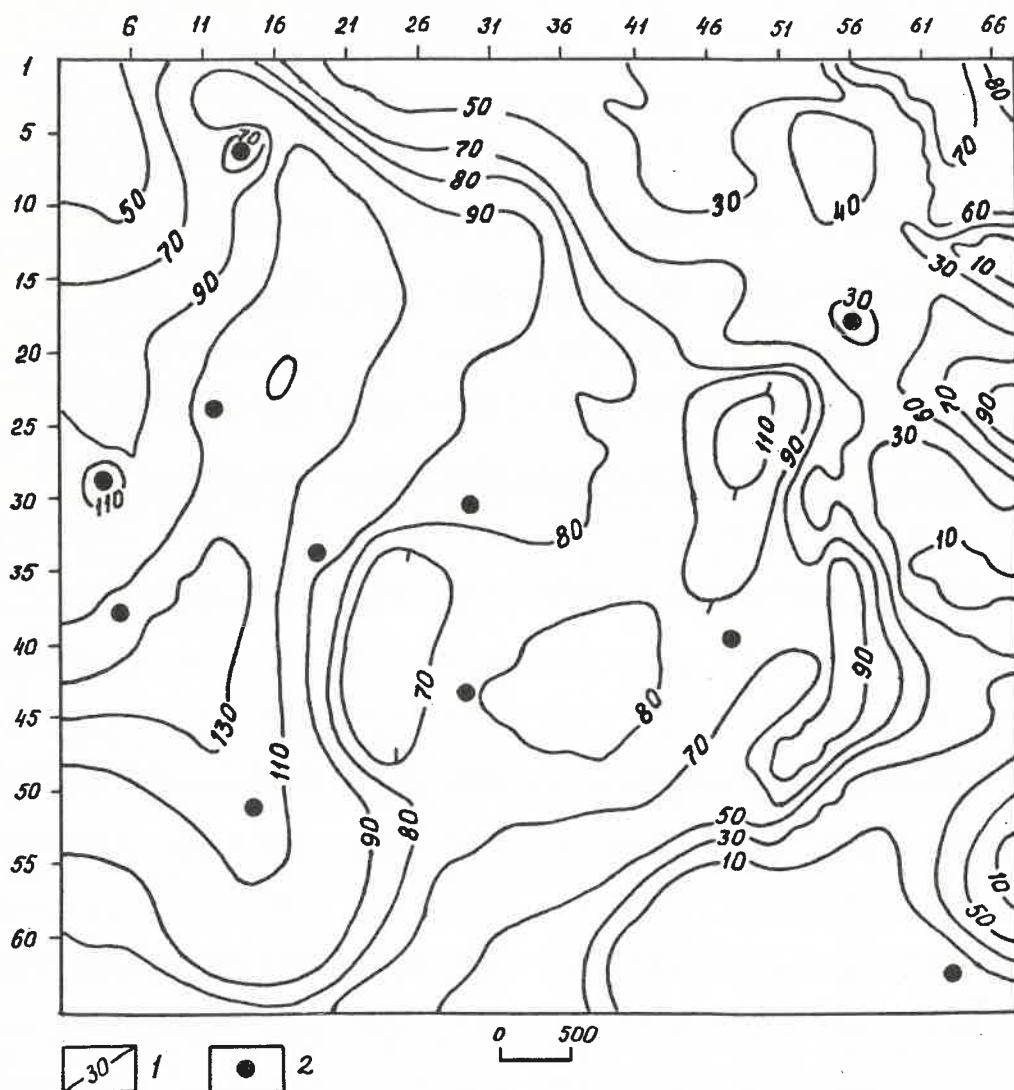


Рис. 8. Прогноз зональности коллекторов башкирского яруса на восточном участке АГКМ:

1 — изолинии эффективной газонасыщенной мощности, м; 2 — скважины

Для первого из них с помощью системы осуществлялся прогноз зональности коллекторов различной емкости и оконтуривание рапоопасных зон (рис. 8).

Использование регрессионной модели выявило (при автоматическом выборе информационной комбинации признаков) сильную зависимость пористости продуктивной толщи от морфологии кровли соли и мощности последней, что свидетельствует о детерминистской петрофизической зависимости пористости подсолевых продуктивных коллекторов от литостатического давления и геодинамического напряжения. Литостатическое давление на толщу подсолевых продуктивных карбонатов мощностью около 0,2 км и площадью 130 x 20 км² зависит от поведения кровли соли. Различная плотность соли (2,2 г/см³) и терригенных пород (2,7 г/см³) создает контрасты давления и плотности под соляными куполами и в межкупольных мульдах при амплитудах куполов 2,5 км.

Несомненна также значительная роль зон на-

пряжения (или разгрузки) в формировании емкостных свойств пород. Эти зоны явно или косвенно проявляются в морфологии поверхности и внутренних горизонтов продуктивной толщи. Информация о них содержится также в контрастах плотности линеаментов на поверхности Земли, удельной проводимости исследуемых толщ в градиентных зонах потенциальных полей. Следовательно, возможен более детальный прогноз пористости по регрессионной модели средствами КОМПАК-ГЕОКОМПАС с использованием структурных сейсморазведочных планов продуктивной толщи, кровли соленосной формации по различным методам, карт потенциальных полей и их трансформант, карт линеаментов и удельной продольной проводимости. Совпадение результатов различных вариантов прогноза говорит о сходимости различных методов характеризующей системы, которые создают взаимно согласуемые оценки, что повышает достоверность как суммарного эффекта, так и каждого из подходов комплексной интерпретации.

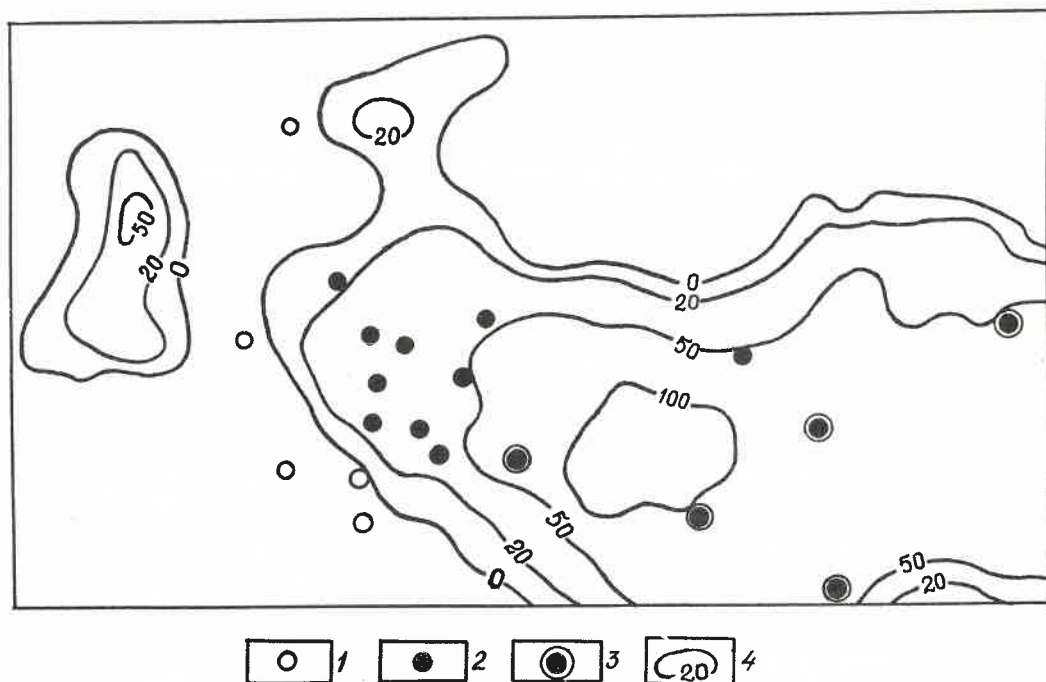


Рис. 9. Карта прогноза нефтенасыщенной мощности рифейского продуктивного горизонта Юрубчено-Тахомской зоны, Байкитская антеклиз:

эталонные скважины: 1 — непродуктивные, 2 — продуктивные; 3 — скважины-экзаменаторы, вскрывшие нефтегазовые залежи после выполнения прогноза; 4 — изопакиты суммарной нефтенасыщенной мощности, м

В отличие от пластичной соли, в которой тектонические нарушения «залечиваются», в карбонатных и терригенных породах, заключенных как внутри, так и вне соленосных массивов, в зонах нарушений образуются очаги разуплотнения. В них диффундируют флюиды, представленные в соленосных отложениях газовой эмульсией. Таким путем внутри солей образуются незалеченные ареалы разуплотнения, заполненные рапой, и вне соли — минерализованной водой. На поверхности Земли следы зон разуплотнения проявляются в виде линеементов, а в покрывающих и подстилающих толщах — идентифицируются как зоны повышенной продольной проводимости. Использование отобранных таким образом признаков позволило успешно прогнозировать рапоопасные зоны.

Система прошла опытно-промышленное опробование на Юрубчено-Вэдрэшевской площади Восточной Сибири. Дан прогноз на развитие рифейской газонефтяной залежи в восточном направлении, а также указаны участки развития максимальных мощностей продуктивной толщи (рис. 9).

Для формирования физико-геологической модели Юрубченского месторождения (обучающий пример) в качестве эталонов продуктивного пласта использованы данные по 11 разведочным скважинам этого месторождения и двум скважинам Вэдрэшевской площади. По результатам автоматизированной обработки геолого-геофизических параметров, для чего использованы исходные данные о потенциальных полях и их трансформантах, электропроводности среды, а также о скоростях продольных волн и морфологии отражающих горизонтов, составлена прогнозная

карта вероятностных значений суммарной мощности нефтегазонасыщения, по которой определены контуры собственно Юрубченского месторождения и размеры прогнозно-перспективной площади Вэдрэшевской структуры, в пределах которой фиксируется значительное нарастание мощностей рифейских продуктивных горизонтов. Юрубченское месторождение и Вэдрэшевская перспективная площадь представляются в виде единой крупной перспективной структуры, а район Юрубченского месторождения рассматривается как ее западный, более мелкий фрагмент, являющийся локальным осложнением общей крупной ловушки углеводородов.

По результатам комплексной интерпретации выявлены еще две локальные прогнозно-перспективные зоны, ранее не изученные бурением, расположенные к северу и западу от Юрубченского месторождения и не зафиксированные ранее выполненными здесь геофизическими работами.

Приведенная информация свидетельствует о том, что фактически подготовлен этап создания банков прогнозов на основе автоматизированной системы многовариантной комплексной интерпретации и моделирования на основе технологии баз данных и диалога КОМПАК-ГЕОКОМПАС. Банк прогнозов является современным средством, способным существенно повысить эффективность геологоразведочных работ и уменьшить риск и затраты на решение геологических задач на региональном, поисковом и разведочном этапах, а также на стадии разработки месторождений. Заложенные в этой системе принципы прогнозирования геологических параметров, определяющих контуры залежей нефти и газа, заклю-

ценные в них запасы УВ, позволяют существенно сокращать геофизические исследования и глубокое бурение за счет тех их объемов, которые часто из-за отсутствия конкретной информации об объекте исследований распределяются без учета положения ареалов нефтегазоносности, внутреннего строения залежей, емкостных параметров и поэтому оказываются неэффективными.

Система прошла успешное производственное опробование и доказала свою высокую эффективность в различных регионах страны. Назрела настоятельная необходимость включения ее в обязательную процедуру при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ. Следует отметить, что изложенные примеры использования КОМПАК-ГЕОКОМПАС не исчерпывают ее потенциальных возможностей.

Обоснование путей развития банков прогнозов. Представляется целесообразным расширить сферу использования банков прогнозов за счет адаптации к решению следующих задач:

долгосрочный прогноз сейсмической опасности;

обоснование рациональных объемов геологоразведочных работ за счет определения путем ретроспективного анализа для различных типов месторождений оптимальной плотности геофи-

зических точек наблюдений и степени разведанности глубокими скважинами;

определение предельных отклонений геоэкологических показателей и мониторинга окружающей среды, в т. ч. катастрофических процессов в пластах горючих ископаемых;

определение различного рода технологических показателей геологоразведочных работ, где требуется комплексное суммирование геологических факторов с учетом уже достигнутых результатов по эталонным объектам;

поиск и разведка руд и алмазов;

контроль за природопользовательскими технологиями.

Представляется естественным развивать, системно объединить и методически обобщить имеющиеся наработки по перечисленным версиям КОМПАК на разных ЭВМ для разнообразных геологических условий.

Необходимо продолжить в рамках КОМПАК-ГЕОКОМПАС работу по банкам формализованных геолого-геофизических классификаций (интерпретационным физико-геологическим моделям) бассейнов, толщ, литофациальных комплексов, литотипов, ловушек, коллекторов, а также по внутренней технологической СУБД ГЕОКОМПАС.

Гидрогеология и инженерная геология

УДК 556.3 + 356.314(574.3)

© Л.Г.Соколовский, Ю.С.Павлов, 1994

Приповерхностное поле гелия Центрального Копетдага и прилегающей части Каракумов

Л.Г.СОКОЛОВСКИЙ, Ю.С.ПАВЛОВ (ВСЕГИНГЕО)

Гелиеметрические исследования, проведенные по известной методике ВИМСа, дали достаточно интересные результаты в Эстонии [10], на территории Москвы [4], в Молдавии [7], в Нечерноземной зоне России [3]. В частности, уточнены основные черты тектоники южного склона Балтийского щита (Эстония). Сравнение результатов изучения водорастворенного гелия среднекаменноугольных отложений, проведенного в 1975—1976 и 1978 гг., показало увеличение площади вод с низким содержанием гелия, что объясняется увеличением притока речных и грунтовых вод и активизацией карстовых процессов. При этом высоким концентрациям гелия соответствуют низкие содержания трития (Москва). Установлена связь гелиевых аномалий с разломами фундамента и, в первую очередь, — с долгоживущими (Молдавия). Контрастные аномалии гелия (от $100 \cdot 10^{-3}$ до 4550 мл/л) отмечены в долинах рек, трассирующих разломы субмеридионального и меридионального направлений, а также в пределах отдельных участков — структурных блоков, испытывающих в настоящее время тенденцию к погружению (Нечерноземная зона России).

В границах Центрального Копетдага и приле-

гающей части Каракумов гелиеметрические исследования проведены впервые. Интерес к полученным результатам определяется тем, что слагающие горные хребты сильнодислоцированные мезозойские отложения в Каракумах залегают на глубине от 2,2 до 3,6 км. Граница между Копетдагским мегантиклинорием и Предкопетдагским краевым прогибом проведена по зоне Передового глубинного разлома. Амплитуда смещения отложений неогенового возраста по зоне разлома достигает 1,4—1,8 км. На основании результатов геофизических исследований древнейшей в регионе является толща, возраст которой датируется как пермо-триасовый. Ниже ее предположительно залегает палеозойский фундамент. Суммарная мощность пермо-триасовых и мезозойско-кайнозойских отложений превышает 12 км. В южном направлении палеозойский фундамент испытывает крутой подъем и вблизи границы с Ираном залегает на глубине 5—6 км.

В горной части региона обследованные объекты в основном характеризовали скопления трещинно-пластовых подземных вод карбонатной толщи позднеюрского — неокомского возраста, глинистых известняков и мергелей позднебаррем-раннеаптско-

го возраста, известковистых и песчанистых алевролитов эоцен-олигоценного возраста. В Западном Копетдаге выборочно опробовались водопункты, связанные с алевролитами и песчаниками сеноман-альбского возраста, содержащими также пластово-трещинные воды. Грунтовые воды четвертичных отложений в конусах выноса приурочены преимущественно к валунно-галечниковой толще мощностью 300—400 м при максимальной 700—800 м, а в Каракумах — к песчано-глинистым отложениям мощностью 300—500 м.

Судя по результатам изучения месторождения минеральных вод Елысу, где на глубинах от 465 до 1990 м минерализация вод возрастает от 1,3 до 5,1 г/л, а также результатам опробования нескольких скважин глубиной от 650 до 1300 м, увеличение минерализации вод с глубиной залегания горизонтов происходит на всех площадях Центрального Копетдага. В Западном Копетдаге в районе г.Кизыл-Арват воды неокоских отложений на глубине 1300 м имеют минерализацию 7,1 г/л. Характерна относительно низкая минерализация (в г/л) наиболее крупных источников, связанных с карбонатной толщей: Багир (0,33; абс. отм. 360 м), Козолух (0,37; 700 м), Гермаб (0,41; 740 м), исток р.Фирюзинка (0,29; 940 м).

Все крупнодебитные источники Центрального Копетдага являются зонами разгрузки мощных потоков грунтовых, трещинных и трещинно-карстовых вод. Очень часто они приурочены к суффузционно-карстовым воронкам диаметром от нескольких до первых десятков метров, реже — нишам. Воронки и ниши находятся у подошвы хребтов (источники Арчман, Шамердин, Багир), в днищах межгорных долин (Гермаб). В нескольких случаях в днищах саев выбивается струя воды с расходом от 0,1 до 1 л/с, которая уже через 1—3 м превращается в мощный ручей (Козолух, Улыбакча, Дегирменджик). Иногда такой поток формируется ниже уступа в днища саев высотой 2—2,5 м (Пеленг-Посант) или при резком уменьшении ширины долины, сопровождающимся увеличением крутизны ее днища (исток р.Фирюзинка, Козолух). Малодебитные источники также в основном находятся в днищах саев, где начинаются небольшим высачиванием воды (Солюкли). Помимо этого, мелкие выходы подземных вод наблюдаются на склонах ниже эскарпов (Прохладный) или в местах резкого увеличения крутизны склона (Сарымсоклы [9]).

В направлении уклона предгорной равнины на север минерализация грунтовых вод возрастает довольно быстро. Так, на участке Елысу—Бахарден на протяжении 8 км она увеличивается от 0,63 до 1,8 г/л, а в районе подземного озера Коу на расстоянии 5 км — от 0,6 до 1,6 г/л. Далее, в направлении падения гидроизогипс на север минерализация грунтовых вод продолжает возрастать, и границы распространения подземных вод разной минерализации (в г/л) соответственно удалены от подошвы Копетдага (значения даны в скобках, км) до 1 (1—7), до 3 (8—32), до 5 (8—28), до 10 (12—28), до 25 (40—50). Максимальная минерализация вод шоровых отложений 119 г/л. На нескольких площадях установлено увеличение минерализации вод (в г/л) грунтового потока с глубиной (значения в скобках, м): соответственно 0,5 (15) и 1,2 (100), 10 (10) и 4 (300). Глубина залегания уровня

грунтовых вод уменьшается от 35 (в конусах выноса) до 4 м (в песчаных массивах Каракумов) и 0,5 м (в шоровых понижениях).

Гелиметрические работы осуществлялись с использованием прибора ИНГЕМ-1 с диапазоном измерения от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1,5$ мл/л [11]. Обычно этому предшествовало определение гелия в составе водорастворенных газов хроматографическим методом. Всего проанализировано 169 проб, из которых присутствие гелия установлено в 88.

В Копетдаге опробовались фонтанирующие минеральные и эксплуатационные на воду скважины глубиной от 100 до 1990 м, источники и кяризы, на предгорной равнине — эксплуатационные скважины, в Каракумах — преимущественно колодцы глубиной от 4,6 до 24 м (рисунок). В месте сочленения предгорной равнины и Каракумов у северной границы г.Ашхабад исследована единственная скважина, дренирующая в интервале 1620—1640 м молассовую толщу неоген-четвертичного возраста. В Западном Копетдаге (район г.Кизыл-Арват и г.Кара-Кал) замеры гелия проведены в 6 фонтанирующих скважинах, в которых гелий определялся ранее методом газовой хроматографии.

Повсеместно содержание гелия увеличивается с увеличением глубины залегания горизонта. По мере приближения к поверхности земли его рассеяние происходит довольно быстро. Так, в разрезе месторождения сульфидных вод Елысу оно увеличивается от $349 \cdot 10^{-5}$ (инт. 465—480 м) до $992 \cdot 10^{-5}$ мл/л (инт. 1820—1990 м). Характерно, что в интервале глубин от 480 до 1000 м рост концентрации гелия происходит достаточно резко, а ниже — довольно слабо. В других скважинах, вскрывающих карбонатную толщу в Центральном и Западном Копетдаге, на глубине 900—1300 м содержание гелия составляет $(222 \div 699) \cdot 10^{-5}$ мл/л. Причем в Фирюзинском ущелье при меньшей глубине в сравнении с Кизиларватской скважиной (соответственно 822—1126 и 1300 м) содержание гелия несколько выше (соответственно $699 \cdot 10^{-5}$ и $644 \cdot 10^{-5}$ мл/л). Самая высокая концентрация гелия ($3994 \cdot 10^{-5}$ мл/л) установлена в подземных водах неогеновых отложений на окраине г.Ашхабад.

В Западном Копетдаге в подземных водах альб-сеноманской толщи наблюдается увеличение водорастворенного гелия от $(255 \div 299) \cdot 10^{-5}$ мл/л на глубине 100—150 м до $370 \cdot 10^{-5}$ мл/л на глубине 300—400 м. Восточнее г.Ашхабад в водах палеогеновых отложений происходит слабый рост его концентрации от $6,6 \cdot 10^{-5}$ (глубина 150 м) до $9,4 \cdot 10^{-5}$ мл/л (380 м). В районе г.Кизыл-Арват на глубине около 150 м содержание гелия $28 \cdot 10^{-5}$ мл/л.

Сравнение содержания водорастворенного гелия на равных или близких глубинах в подземных водах различных геолого-генетических комплексов горных пород показывает достаточно четкое его уменьшение в последовательности: альб-сеноман — неоген — мальм-неокос — палеоген. Крайне неоднородно поле гелия и в границах распространения мальм-неокосской толщи, где та же закономерность наблюдается в направлении: Фирюзинское ущелье — Елысу — Берзенги — Романовский.

Содержание гелия в опробованных водопунктах изменяется во времени, что подтверждается наблюдениями, проведенными в одно и то же время в

период с 17 по 27 апреля 1991 г. на месторождении минеральных вод Берзенги. Ежедневные замеры гелия проводились в пьезометрической скважине при глубине залегания уровня грунтовых вод 54,46 м и фонтанирующей скважине глубиной 1200 м. Изменение концентрации гелия происходит соответственно в интервалах $(6 \div 8,4) \cdot 10^{-5}$ и $(244 \div 317) \cdot 10^{-5}$ мл/л. В большинстве случаев в обеих скважинах увеличение и уменьшение концентрации гелия одновременны.

Источники, связанные с толщей малым-неокомского возраста, характеризуются значительным интервалом изменения концентрации гелия. Среди них самой контрастной аномалией является Арчман $(1352 \cdot 10^{-5}$ мл/л). Значительно ниже концентрация гелия в водах источника Коу и подземного одноименного озера (соответственно 90 и 38)*.

Весьма слабо контрастными аномалиями являются источники Улыбакча, Сунча, Пеленг-Посант, Чинар (5,3—5,5). В водах остальных источников гелий не обнаружен — исток Фирюзинки, Козолух, Пантыш, Секизьяб, Арваз, Кичибакча. Также отсутствует гелий в водах источников, приуроченных к отложениям аптского возраста — Узумли, Сарымсаклы, Солюкли, Прохладный, Тогарево, Карахан.

Заметен интервал изменения концентрации гелия в водах источников, вытекающих из более молодых отложений. Самое высокое его значение (149) отмечено в водах небольшого серного источника в северных отрогах хр. Зеракев, сложенных породами сеноманского возраста. В датских и палеогеновых дренирующих источниках вос-

точнее г. Ашхабад гелий или отсутствует (источник Енап), или находится в очень низкой концентрации (5,8) — источники Кадамга (палеоген) и Вахча (дат). Выше содержание водорастворенного гелия в этом районе в источнике Агмат (15,6), вытекающего из неогеновых отложений. В Западном Копетдаге в районе Кизыл-Арват в подземных водах однообразных отложений на глубине около 150 м оно выше почти вдвое (28).

На конусах выноса и предгорной равнине Копетдага в водах четвертичных отложений, дренируемых скважинами глубиной 100—200 м, не установлено ни одной контрастной аномалии. Выделяются значительные площади, в т. ч. и расположенные близко от зоны Передового Копетдагского разлома, где присутствие гелия анализом не установлено. Отсутствует гелий также в подземных водах фонтанирующих скважин в поселках Нохур, Караул, Дайне, Тогарево, расположенных в долинах среднегорья и высокогорья Копетдага.

В нескольких случаях происходит повышение концентрации водорастворенного гелия по мере приближения к зоне Передового Копетдагского разлома: Янбаш (17), 6,5 км южнее г. Геок-Тепе (12), в пос. Хурмангеокча (10). Характерно, что поле распространения гелиеносных вод может быть не сплошным, а слабо контрастные аномалии гелия — линейно вытянутыми. Так, в 1,5 км севернее месторождения сульфидных вод Елысу на протяжении 5 км параллельно зоне Передового разлома пятью скважинами фиксируется слабо контрастная аномалия (7,9—13,2). Еще в 1,2 км севернее в другой линейно вытянутой зоне содержание гелия уменьшается (6—7,3). Между первой зоной гелиеносных вод и Передовым Копетдагским разломом находится скважина, в которой присутствие водорастворенного гелия не

* Здесь и далее содержание гелия в $л \cdot 10^{-5}$ мл/л. Для исключения многочисленных повторов будет приводиться только величина $л$.

Схематическая карта приповерхностного поля гелия:

1 — контур распространения и индекс возраста геологических образований; 2 — скважина (а — одиночная, б — группа); 3 — колодец (а — одиночный, б — группа); 4 — источник (а), кяриз (б); содержание гелия в воде, $л \cdot 10^{-5}$ мл/л: 5 — отсутствие (а), 5—10 (б), 6 — 10—100 (а), 100—1000 (б), 7 — более 1000; 8 — разломные зоны (а — известные, б — предполагаемые на основе содержания водорастворенного гелия); 9 — водопункт и индекс геологического возраста дренируемых пород, залегающих ниже обнажающегося на земной поверхности; колодцы: 1 — Бозоголы, 2 — Йилгынлы, 3 — Матыр, 4 — Шехерислан, 5 — Ишанкуи, 6 — Мамедреим, 7 — Конгураджи, 8 — Язы, 9 — Учунлы, 10 — Арабкуи, 11 — Ортакуи, 12 — в 6 км к ЮВ от п. Ортакапыр, 13 — Камекаджи, 14 — Непес, 15 — Каракор, 16 — в 1 км к западу от к. Мамалык, 17 — Пено, 18 — Карамурат, 19 — Порсыкуи, 20 — на стационаре АН Туркмении, 21 — Назаркуи, 22 — Караберды, 23 — Кошалак, 24 — Бегче, 25 — Каараджа, 26 — Мауви, 27 — Кайшак, 28 — Кульмурад, 29 — Кекче, 30 — Кошак, 31 — Сазаклы, 32 — Черли, 33 — Сарма, 34 — Гингой; скважины (в скобках — глубина скважины или интервал опробования, м): 35 — в совхозе 9 Ашхабадских комиссаров (54), 36 — в п. Аннау, кирпичный завод (92), 37 — в 2,5 км к югу от п. Гяурс (387), 38 — в п. Шамли (106—307), 39 — у развалин Кадамга (140—274), 40 — в пионерлагере у дороги Маныш-Калининский (387), 41 — у п. Калининский (100), 42 — у п. Карахандере, скв. 6-П (866), 43 — в п. Карахандере, скв. 18-К (619—903), 44 — у п. Берзенги, скв. 10-М (1200), 45 — радицентр г. Ашхабад (100), 46 — на водолечебнице г. Ашхабад (100), 47 — в п. Геами, консервный завод (100), 48 — в г. Ашхабад (100), 49 — у лесопитомника г. Ашхабад (100), 50 — в 7 км к западу от п. Берзенги (100), 51 — у заставы Алибек (100), 52 — в п. Куртли, типография (100), 53 — у п. «Опытное поле» (100), 54 — у Куртлинского водохранилища, скв. 4 г/с (1620—1640), 55 — у п. Янбаш (100), 56 — у п. Багир (100), 57 — у п. Фирюза, скв. 1-Г (822—1126), 58 — в п. Коржоу (100), 59 — в п. Бабараб (50), 60 — в п. Келеджар (100), 61 — в п. Хурмангеокча (104), 62 — в п. Чаек (300), 63 — в п. Шоркала (100), 64 — в п. Нова (8,5—201), 65 — в колхозе им. Ворошилова (100), 66 — в п. Бирлешик (100), 67 — в п. Исберген (100), 68 — у п. Гермаб (300—580), 69 — в п. Доукала (65), 70 — между разъездом № 97 и п. Ак-Тепе (100), 71 — в п. Ак-Тепе (100), 72 — у учебного центра скв. № 5078 (100), 73 — в учебном центре Иджерева (100), 74 — у п. Тогарево (160), 75 — месторождение Елысу (435—1990), 76 — в районе кяриза Елысу (100), 77 — ж.-д. вокзал г. Бахарден (100), 78 — у п. Мурче (100), 79 — в п. Дайне (100), 80 — в п. Караул (100), 81 — в п. Нохур (100), 82 — у г. Каракала (192—700), 83 — в долине р. Сумбар (141—145), 84 — у г. Кизыл-Арват (1300), 85 — у д.о. Кочковского (150); источники: 86 — Арчман, 87 — Сарымсаклы, 88 — Узумли, 89 — Сунча, 90 — Дамдали, 91 — у п. Арваз, 92 — Туцису, 93 — у п. Тогарево, 94 — у п. Сарымсаклы, 95 — у п. Прохладное, 96 — у п. Солюкли, 97 — Пантыш, 98 — Коу, 99 — подземное оз. Коу, 100 — Улыбакча, 101 — Кичибакча, 102 — Пеленг-Посант, 103 — Гермаб, 104 — Чинар, 105 — Арчман, 106 — Солёный, 106 — истоки р. Фирюзинка, 107 — Козолух, 108 — Карахан, 109 — Енап, 110 — Кадамга, 111 — Аджирамсу, 112 — Вахча, 113 — Серный, 114 — Агмат; кяризы: 115 — в 2 км к В от Елысу, 116 — Елысу, 117 — Кыричай

установлено. Три линейно вытянутые с юго-востока на северо-запад зоны гелиеносных вод в направлении с севера на юг прослеживаются на территории г. Ашхабад; в них содержание гелия соответственно изменяется в интервалах 7,1 — 7,5; 5,2 — 6,5; 7,6 — 8,6, т.е. здесь наибольшее содержание характерно для более удаленной от регионального разлома зоны. В кяризах, находящихся у подошвы передовых складок Копетдага (Куричай, Елысу, Дурун), гелий не установлен.

При опробовании колодцев, вскрывающих грунтовые воды четвертичных отложений Каракумов, выявлено только восемь аномалий гелия весьма низкой контрастности (преобладающее содержание 5—5,4 и только в двух случаях 6,3—6,5).

Слабо контрастные аномалии подтверждаются результатами хроматографического анализа, проведенного в Центральной химической лаборатории ПГО «Туркменгеология», в результате которого после дегазации проб-дубликатов установлено присутствие следов гелия. При этом не наблюдались какие-либо отличия от тех колодцев, где концентрация гелия равновесна по содержанию в воздухе. Колодцы, в которых обнаружен гелий, расположены на окраине больших такыров и в межбарханных понижениях. Среди них — интенсивно эксплуатируемые и брошенные, плотно закрываемые крышками и открытые.

Из изложенного видно, что в границах рассматриваемой территории приповерхностное поле гелия значительно неоднородно, сильно различается и на территории Копетдагского мегантиклинория, в зоне Предкопетдагского прогиба, а также на площади распространения различных геолого-литологических типов горных пород Копетдага. Очевидно, что повсеместно содержание водорастворенного гелия по мере увеличения глубины растет. При приближении к поверхности земли его рассеяние происходит значительно быстрее. В сравнении с аналогичными глубинами и гидрогеологическими условиями Русской плиты на территории Копетдага и Предкопетдагского прогиба содержание гелия в большинстве случаев ниже.

Известно, что формирование приповерхностного поля гелия происходит под влиянием многих факторов, в числе которых степень дислоцированности и вещественный состав пород осадочного чехла, наличие в нем и характер строения мощных водофлюидоупорных толщ, глубина залегания и вещественный состав древнего фундамента и др. [6, 11].

Принимая, что в Центральном Копетдаге все опробованные минеральные скважины и крупные источники находятся в зонах разломов и сравнивая содержание гелия в скважинах разных глубин, можно считать, что отсутствие гелия в водах источников, в т. ч. и самых крупных, является доказательством движения разгружающихся ими вод очень близко от поверхности земли (метры — первые десятки метров). Поток глубинного гелия здесь очень мал. Поэтому зоны разломов в местах выхода источников Козолух, Сакиязб, Кичибахча, Фирюза весьма слабо проницаемы, а вследствие этого исключается возможность поступления вод из глубоких частей разреза. Этим доказывается также неоднородность проницаемости зон разломов по их простиранию. Представляется, что в местах пересечения пород аптского возраста, на контакте с ними или вблизи их проницаемость зон разломов в

сравнении с породами малым-неокомского возраста уменьшается. Неоднородность потока гелия характерна даже для зоны мощного Передового Копетдагского разлома, что видно из приведенного выше примера участка, прилегающего к месторождению минеральных вод Елысу. Скорее всего, здесь гелий поднимается к поверхности земли по разломам-сателлитам, ограничивающим блоки низкого порядка.

Низко контрастные аномалии в зоне Предкопетдагского прогиба повсеместно совпадают с известными зонами разломов. При наличии мощнейшего водоупора, каким является мергелисто-глинистая толща пород сенон-палеогенового возраста, присутствие гелия в водах колодцев, где условия для его миграции в атмосферу наиболее благоприятны, может быть связано только с мощными высокопроницаемыми зонами разломов, нарушающими этот водоупор. Не исключено, что в зонах этих разломов сформировались крупные эрозийные врезы, скрытые под породами неоген-четвертичного возраста. Отсутствие следов гелия в грунтовых водах на большей части обследованной территории Каракумов свидетельствует о высокой удерживающей способности сенон-палеогеновой и, вероятно, более древних водоупорных толщ мелового и юрского возрастов, вследствие этого и о существовании здесь условий, благоприятных для формирования и сохранения скоплений углеводородов. В определенной степени это относится к глубоким горизонтам тех антиклинальных складок Центрального Копетдага, где в источниках, связанных с отложениями апта, гелий анализом не установлен.

Исключая Арчманский минеральный источник, ни одна гелиевая аномалия не является гидрогеохимической. Судя по результатам гелиеметрии на наиболее полно изученном месторождении сульфидных вод Елысу, значительного по объему вертикального перетока подземных вод здесь не происходит, поэтому мы склоняемся к тому, что в регионе преобладает диффузионный переток гелия через водонасыщенные и «сухие» зоны разломов.

Обращает на себя внимание наблюдаемая в Копетдаге связь между аномалиями водорастворенного гелия, геотермическими аномалиями и рудной минерализацией.

На карте температур на глубине 1000 м четко проявляется резкое возрастание температур в районе Каракалинских гелиевых аномалий и западнее их. Причем большое по площади поле аномально-высоких для Копетдага температур имеет форму, близкую к прямоугольной. Ранее в границах этого поля нами отмечались многочисленные высокие концентрации гелия в метаново-азотных, азотно-метановых и метановых газах, установленных хроматографическим методом. Несколько меньшая по площади термоаномалия фиксировалась в районе Арчмана [5, 8].

В 12—15 км северо-западнее гелиевых аномалий, выявленных в районе поселка Кара-Кал, расположены небольшие ртутные месторождения Кара-Елчи (кальцитовые жилы) и Куршурли (баритовые жилы). В 8—10 км северо-западнее Арчманской гелиевой аномалии установлено Келят-Чаржайшанское рудное поле, где в кварц-карбонатных жилах из первичных минералов присутствуют галенит, пирит и редко сфалерит [1, 2].

Возраст оруденения — допалеогеновый. По

сообщению В.Д.Андреева, в палеогеновых отложениях установлены минеральные ассоциации, свидетельствующие о разрушении этих месторождений уже в то время. Из этого можно предположить, что в послесеноманское время в Копетдаге имело место внедрение гранитоидных интрузий, прорвавших домезозойский фундамент. Оно произошло на относительно большой глубине, с чем и связано формирование низкотемпературных рудных месторождений. Геотермические аномалии являются прямым следствием остывающих интрузивов.

Над гранитоидными интрузиями в мощной толще осадочного чехла формировались скопления газов разного состава (от азотных до метановых) с более высокой концентрацией гелия в сравнении со скоплениями газов, находящимися над допалеозойским фундаментом.

Современное приповерхностное поле гелия формируется в основном в результате разрушения этих скоплений. Характер этого поля и особенности геотермических условий свидетельствуют о блоковом строении палеозойского фундамента, разной глубине залегания поверхностей блоков и разном вещественном составе слагающих их пород.

Проведенные в процессе гидрогеологического зондирования блока листов масштаба 1:200 000 гелиеметрические работы оказались достаточно эффективными и дали новое в представлении о движении подземных вод в зонах разломов, о неоднородной проницаемости зон разломов по их простиранию. По-видимому, очень перспективно в этом регионе изучение приповерхностного поля гелия для оценки степени «закрытости» ловушек углеводородов.

Применительно к природным условиям региона гелиеметрия может быть весьма эффективной при гидрогеологической, геоэкологической съемке любого масштаба и назначения, при поисках и разведке месторождений подземных вод. Гелиеметрические работы должны проводиться на основании предварительного дешифрирования космоаэрофотоснимков. Особое внимание должно уделяться известным или предполагаемым зонам разломов, участкам «гидрогеологических окон» — эрозионным врезам. Они должны опережать гидрогеохимическое опробование и определять его состав. На всех аномалиях гелия должны быть отобраны пробы водорастворенного газа для последующего хроматографического анализа, а

также пробы воды для полного стационарного анализа. Если опережающая гелиеметрия не удалась, достаточно интересные выводы могут быть сделаны при совместной интерпретации полученных результатов и результатов гидрогеохимических, геофизических и других исследований. Одновременно с площадными работами необходимо осуществлять систематическое измерение содержания гелия на опорных водопунктах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.Д., Жданов Б.П., Спивак Ю.С. Новые находки киновари в Копетдаге и основные черты строения Келят-Чаркайшанского рудного поля // Тр. Управления геологии Совета Министров Туркменской ССР. Ашхабад, 1972. Вып. 7. С. 336—341.
2. Андреев В.Д., Соколовская Л.А. Геология и минеральный состав рудных проявлений Арчман и Чаркайшан // Тр. Управления геологии Совета Министров Туркменской ССР. Ашхабад, 1972. Вып. 7. С. 402—412.
3. Бастракова Н.В. Информативность водно-гелиевой съемки при изучении вопросов формирования подземных вод // Разведка и охрана недр. 1985. № 12. С. 42—46.
4. Злобина В.Л., Ковалевский В.С., Морковкина И.К. и др. О возможности применения гелиевой и тритиевой съемки для изучения условий питания подземных вод // Водные ресурсы. 1980. № 1. С. 166—170.
5. Крымус В.Н., Соколовский Л.Г., Шаберднєв С. Особенности гидрогеохимии мезозойских отложений Копетдага // Сов. геология. 1970. № 5. С. 110—118.
6. Попов В.Г., Егоров Н.Н. Гелиевые исследования в гидрогеологии. — М.: Наука, 1991.
7. Созинова Т.В., Бобринский В.М. Гелий в подземных водах центральной части Молдавии // Сов. геология. 1981. № 6 3. С. 113—118.
8. Соколовский Л.Г., Поляков В.А., Ежова М.П., Суворова Н.В. Гидрогеология и гидрогеохимия Копетдага // Сов. геология. 1988. № 9. С. 87—99.
9. Соколовский Л.Г., Романов В.В. Оценка генезиса и условий движения подземных вод Центрального Копетдага и прилегающей части Каракумов по результатам изотопного анализа // Водные ресурсы. 1993. № 2. С. 186—198.
10. Судов Б.А., Тибар К.О. Картирование зон глубинных тектонических нарушений методом водно-гелиевой съемки // Разведка и охрана недр. 1977. № 10. С. 29—33.
11. Яницкий И.Н. Гелиевая съемка. — М.: Недра, 1979.

Принята редколлегией 25 апреля 1994 г.

Рыночная экономика и геологоразведка

А.И.РЫБИН

Даже при самом удачном замещении высших постов (в социалистическом хозяйстве) большую опасность представляет то, что каждое новшество должно быть оценено только в определенном месте. И во сколько же раз капиталистическое хозяйство в этом отношении более сильно благодаря тому, что капиталисты конкурируют друг с другом и их взаимная конкуренция заставляет их с жадностью хвататься за каждую удачную новинку. Да и новатор может сам обладать капиталом или достать кредит для осуществления своей идеи.

Б.Д.Бруцкус [2, с. 201].

Принципы рыночной экономики обладают весьма здравым смыслом и вполне просты: производить то, что находит сбыт и дать максимум продукции при минимуме затрат. До настоящего времени (середина 90-х годов XX в.) в геологоразведке такими вопросами никто не занимался: зачем обосновывать постановку работ и соответствующие затраты, если при «плановом хозяйстве» ассигнования спускались «сверху» без лишних хлопот. В этих условиях заниматься подобными вопросами можно было бы лишь в случае, когда на работе делать больше нечего. Но так как на работе какое-нибудь дело все равно найдется, то никто над такими вопросами не задумывался. «И поэтому-то нам сегодня выгодно работать так, как было» [17, с. 94]. Однако все должно измениться в геологоразведке при переходе к рыночной экономике (если только он вообще осуществится в геологоразведке).

Основной вопрос, который при этом встает перед геологоразведкой — что считать ее продуктом, конечным результатом? С этим вопросом как раз тесно связаны оба упомянутых принципа рыночной экономики. Очевидно, конечный результат может быть подвергнут планомерному улучшению при количественном показателе оценки этого результата. Тут нет никакой проблемы в случае материального, добывающего производства. Однако «весьма спорно отнесение геологоразведки к материальному производству» [8, с. 115].

Есть или, скорее, были попытки свести экономику геологоразведки к количеству и качеству разведанного полезного ископаемого. Такие попытки вполне понятны, поскольку тут налицо количество и качество продукта. Но как, например, тогда оценить результаты геологоразведки, когда проходит несколько лет или даже одно-два или более десятилетия, когда выяснится, каковы количество и качество разведанного полезного ископаемого.

Возможны и такие случаи, когда геологоразведка, например, бурение, выяснит, что предполагаемые запасы полезного ископаемого или непромышленны (для данного времени), или вообще отсутствуют. Всякая геологоразведка имеет вероятностный характер, и геологоразведчики принципиально невиноваты в таком характере их труда. Как, далее, оценить практическую отдачу региональных работ или модных теперь работ по так называемым геотраверсам?

В работе, посвященной В.В.Федынскому [16, с. 33], сказано, какое большое значение он придавал региональным работам, «несмотря на возникающие при этом трудности. Трудности же были в том, что массированные крупномасштабные исследования требовали весьма больших затрат, а их практический результат было невозможно сразу (! — А.Р.) предвидеть и оценить: на фоне (решения) не терпящих отлагательства задач текущего дня ожидаемые блага казались почти иллю-

зорными». Пророчество В.В.Федынского сбылось на примере Прикаспийской впадины: практическая отдача этого огромного нефтегазоносного бассейна (площадью 0,5 млн км²) относительно ничтожна из-за пренебрежения в свое время региональными работами, поскольку имеющаяся сеть региональных профилей требуется по меньшей мере удвоить [14, с. 58]. Был в Министерстве геологии бывшего СССР впередсмотрящий!

Современное состояние экономики геологоразведки хорошо описал В.Н.Цильковский [17, с. 93]: «На фоне общих страстей, сопровождающих переход на рыночные отношения, состояние геологоразведочной отрасли можно оценить как глубочайший кризис. И сейчас не понятно, что же является «конечным геологоразведочным продуктом» и как его продавать, а без этого невозможно войти в рынок».

Трудность решения этой задачи заключается в необходимости стать на гораздо более общую точку зрения, чем это обычно принято при подобного рода исследованиях. «Если нам не удастся найти решение математической проблемы (в данном случае математико-геологической — А.Р.), то часто причина этого заключается в том, что мы не овладели еще достаточно общей точкой зрения, с которой рассматриваемая проблема представляется лишь отдельным звеном цепи родственных проблем. Отыскав эту точку зрения, мы часто не только делаем более доступной для исследования данную проблему, но и овладеваем методом, применимым к родственным проблемам» [11, с.20].

Эта общая точка зрения — информационная: геологоразведка «добывает и поставляет народному хозяйству (в широком смысле слова, включая науку и образование) информацию об особенностях распределения на территории страны тех или иных геологических объектов, в том числе и полезных ископаемых» [7, с. 82]. Ясно, что здесь под информацией понимается не вероятностное, статистическое определение количества информации, данное Хартли-Шенноном, поскольку «каждый элемент карты, как и каждый элемент территории, существует, а не «происходит» с какой-то вероятностью» [10, с. 15]. Вопреки этому здравому суждению, в геологии до сих пор понятие информации определяется или связывается лишь через вероятность [4, т. 1, с. 292] или через энтропию — меру недостатка информации [4, т. 2, с. 437—438].

Если выразиться словами Н.И.Бухарина [3, с. 251], то геологоразведка — это «особый вид общественного труда (но не материального производства, что отнюдь нельзя смешивать)». Вопрос, следовательно, заключается в том, чтобы найти количественный показатель этого вида труда, критерий оценки карт, разрезов, профилей или эквивалентного им массива чисел, кото-

рые и составляют конечный продукт геологоразведочного производства.

Другими словами, для проектирования геологоразведки необходима информация об объекте исследования, т.е. количественный показатель географической или гипсометрической, геологической, геофизической, геохимической и вообще информационной эффективности карт, разрезов, эквивалентного им массива чисел. Этот, зависящий от затрат, показатель должен удовлетворять очевидным требованиям: применимости на любом этапе или стадии геологоразведки к объектам любой сложности, быть простым и т.д. [9, с. 2].

Показатель, удовлетворяющий сформулированным требованиям, — мера дислокации [13, с. 184] или мера информации, понимаемой как неоднородности [14, с. 67]. Такое определение информации, в отличие от широко распространенного статистического определения количества информации Хартли-Шеннона, наиболее адекватно наукам о Земле. Определение информации как неоднородности также известно в кибернетике [1, с. 283]. «Всякая неоднородность несет с собой какую-то информацию» [5, с. 53]. «Информация в самом общем ее понятии представляет собой меру неоднородности..., меру изменений, которыми сопровождаются все протекающие в мире процессы» [6, с. 499—500].

Обычно неоднородность измеряется градиентом, т.е. в пространстве. Можно рассматривать неоднородность и во времени: раньше информации о некотором объекте было мало, а потом стало больше. Последняя идея лежит в основе обобщения понятия информации Д.М.Максеем [1, с. 242], как «измерение изменений в знаниях вообще». Эта идея находит применение и в геологоразведке: исследование неоднородности информации во времени называется информационной экспертизой [14, с. 43—65].

Французский инженер Ж.Шоффлер [18, р. 16], рассматривая вопросы философии нефтяной разведки и намечая ее стратегию и тактику, отметил недооценку важности фактора изученности, что делает трудным диалог экономиста с геологом. Он показал, что по мере наращивания наших знаний о районе исследования эффективность геологоразведки проходит несколько стадий, и ввел понятия порог понимания и порог насыщения. Фактор изученности Ж.Шоффлера Д.Н.Леонтьев около 25 лет назад заменил на меру информации, а затраты, как и у Ж.Шоффлера, показаны нарастающим итогом [9, с. 7]. Полученный график имеет кардинальное значение в геологоразведке и его следует называть графиком Шоффлера — Леонтьева.

Сначала, когда ищут путь к решению поставленной задачи, нет закономерности между приростом информации и ростом затрат, информация то резко возрастает, то резко падает (стадия I). Из-за неразработанности методики работ или больших ошибок метода проводить на этой стадии производственные геофизические работы не следует. Ж.Шоффлер [18, р. 16] указывает, что результаты работ в эту стадию часто производят впечатление «интеллектуального хаоса», а роли геологов и геофизиков при этом сведены к роли шаманов («devin»). Поэтому стадия I называется стадией «шаманства». Ясно, что на этой стадии нет взаимно-однозначного соответствия между затратами и информацией.

На этой стадии находятся работы отраженными волнами на подсолоневые слои (сакмарско-артинский ярус перми), проведенные с 1969 по 1974 г. трестом Спецгеофизика на Новоалексеевской площади Прикаспийской впадины, когда при глубине отражающей границы около 5 км строились карты сечением 100—200 м! Между тем при такой глубине залегания горизонта достаточно апробировано сечение 1 км [12, с. 39] или хотя бы 0,5 км. Для проверки своих манипуляций авторы отчетов предлагали даже заложить скважины. Но буровики, не в пример геофизикам, оказались достаточно благоразумными, чтобы отказаться от этой затеи.

После того, как выработана методика подходящих

работ, включая оценку погрешностей измерения, наступает порог понимания: линейная зависимость между затратами и информацией (стадия II) — стадия пропорциональной отдачи. Теперь можно планировать производственные работы.

В процессе производственных работ наступает момент, когда отношение между приростом информации и увеличением затрат начинает уменьшаться и стремиться к нулю (стадия III). Это так называемый порог насыщения, «переразведка» — обтекаемое название для расточительства. Производственные работы должны быть остановлены вскоре за порогом насыщения. На знаменитом Самотлоре после первых работ отраженными волнами в сезон 1962—1963 гг. сразу наступила стадия насыщения, поскольку по состоянию на 1 января 1964 г. площадь была официально признана подготовленной для глубокого бурения, хотя работы отраженными волнами на этой площади продолжались еще несколько лет. Правда, результат работ методом общей глубинной точки существенно расширил объем информации.

Опробование метода меры информации в 1969—1978 гг. в тресте Спецгеофизика, а затем наследующей Комплексной геофизической экспедиции (ст. Поворовка) выявило «переразведку» в размере не менее 1/3 ассигнований для районов Прибалтики, Прикаспийской впадины, Западной Сибири [9, с. 13; 14, с. 49]. При ассигнованиях на геологоразведку на конец 80-х годов ежегодно 12 млрд руб. Это отвечает, что около 4 млрд руб., или пропорционально площади, около 3 млрд руб. на территории России ежегодно идет на «переразведку». В 1987 г. Союзгеолэкспертиза сократила ассигнования на 1 млрд руб. Это очень малое сокращение. Можно сократить расходы на геологоразведку в четыре раза больше без ущерба для получения той же самой информации, если работать с умом. В.Н.Цильковский [17, с. 96] сформулировал «однозначный вывод»: «Сегодня и на ближайшие десятилетия геологоразведку надо сокращать как минимум на половину...» Правда, он не пояснил, каким путем получить этот вывод.

«Везде в мире (т.е. при рыночной экономике — А.Р.) геологи занимаются своей прямой работой — изучают недра, выявляют и оценивают месторождения полезных ископаемых, сдают (продают) всю полученную информацию (! — А.Р.) и разведанные месторождения владельцу недр (государству, организации или частному лицу). Владелец волен продать объект, сдать его в аренду по лицензии или использовать собственными силами» (Независимая газета, 1992, 21 марта, с. 4). По какой же цене продать «информацию» результатов сейсморазведочных работ на Новоалексеевской площади в 1969—1974 гг. треста Спецгеофизика? Эти результаты не имеют (положительной) стоимости, но даже вводят в заблуждение, т.е. имеют отрицательную стоимость. Это выявляет метод меры информации.

Итак, единственная основа для прогнозирования и проектирования, планирования геологоразведки — количественное изучение материалов предыдущих работ. Если на некоторой площади на некоторый горизонт работ не было или работы были, но они недостаточны для выводов, то используются работы на соседних, сходных по строению, геологии площадях. Когда будет построен график Шоффлера — Леонтьева для определенного района на те или иные горизонты, то выяснится, можно ли выполнить ту или иную поставленную задачу и если можно, то какая потребуется для этого густота сети или ее сгущение. По графику Шоффлера — Леонтьева соответствующую густоту или ее сгущение можно перевести в затраты (в руб.). После этого геологоразведочная организация может выступить на рынке предложений. В результате конкуренции в соответствии со сформулированными принципами рыночной экономики выяснится, насколько реальные предложения на рынке спроса. В данном случае мы имеем дело с двумя аспектами рынка: рынка предложений и рынка спроса, не касаясь других аспектов рыночной экономики: рынка рабочей силы, рынка

средств производства и т.д. Рыночные цены несут информацию об информации, считал лауреат Нобелевской премии 1974 г. по экономике Фридрих Август фон Хаек (Независимая газета, 1992, 7 апреля, с. 4).

Поскольку вся количественная информация, содержащаяся в отчетах, рано или поздно будет компьютеризирована [14, с. 64—65], то геологоразведочная организация будет располагать оперативной информацией и сможет выступить на рынке с целым пакетом предложений. Конечно, здесь следует учитывать и конъюнктуру: что требуется именно сегодня и что может потребоваться только завтра, а также географическое положение, коммуникации и прочие особенности интересующего района исследований.

При наличии метода меры информации, все что требуется — это оперативность и еще раз оперативность. Наиболее оперативные будут процветать при рыночной экономике, а аутсайдеры должны будут разориться и тем самым прекратить свою никому не нужную деятельность. Это еще один принцип рыночной экономики — не столь радужный, как хотелось бы. Исходя из других соображений, к аналогичному выводу пришел В.Н.Цильковский [17, с. 93]: «Геологоразведочный процесс — вероятностный, поэтому структура и система деятельности должны быть мобильными, динамичными».

При разведке залежей нефти и газа часто возникает вопрос об эффективности той или иной скважины. Как оценить эту эффективность? С точки зрения метода меры информации, решение очевидно. Нужно подсчитать меру информации (меру дислокации в случае надежности реперов) по одному (характерному) или нескольким горизонтам по площади, окружающей скважину, без учета результатов бурения и с учетом этих результатов. Если разница будет находиться в пределах погрешности измерения (как правило 10 %), то скважина геологически, точнее, конечно, тектонически неэффективна.

Само собой разумеется, при этом следует брать по возможности меньшую площадь вокруг скважины. Если мы возьмем достаточно большую площадь, то одна скважина, хотя и очень эффективная, например, обнаружившая разлом, не может дать большого прироста информации (будучи распределена на большую площадь). Поскольку при разбуривании ведется проходка сразу нескольких скважин, имеет смысл определять эффективность сразу нескольких скважин. Возможно, наиболее целесообразным будет сопоставление мер дислокации при увеличении затрат на 30—50%. Тогда при коэффициенте пропорциональности (во второй стадии разведки) 0,4—0,5 увеличение меры дислокации будет оптимальным. Напомним, что на графике Шоффлера — Леонтьева по обеим координатам откладывают проценты, причем начало координат соответствует 100%. Оптимальным мы принимаем прирост меры информации 25 % [14, с. 54]. Работники бывшего Министерства геологии СССР были очень озабочены оптимизацией разведочных сетей.

В этом отношении интересны результаты бурения Трехозерного нефтяного месторождения в Шайнском районе Западной Сибири. Основным объектом разведки и разработки здесь явились залежи нефти, приуроченные к отложениям базального песчаного пласта верхней юры, называемого продуктивным горизонтом П. На площади месторождения 50 км² была построена структурная карта по кровле пласта П по данным бурения 90 скважин. Затем были разрежена сетка скважин и построена структурная карта по данным всего 30 скважин. Причем оставлены лишь те скважины, по данным которых можно производить надежные структурные построения, подсчет запасов и пр. [15, с. 35—36].

Сравнение мер дислокации горизонта П полученных карт показывает на разницу менее 10% (0,89 и 0,86° соответственно). Поэтому ясно, что для разведки площади 50 км² достаточно 30 скважин, что дает плотность 1 скв. на 1,7 км². Другими словами, размещение

буровых скважин должно производиться по сетке 1х1,7 км или 1,2х1,3 км [14, с. 60].

Разумеется, «сначала можно предусматривать более редкую сетку скважин с целью охвата большей площади залежи (месторождения), с последующим сгущением ее к моменту составления технологической схемы разработки (сначала разбурить месторождение по сетке 2х3 км со сгущением в дальнейшем до 1х1,5 км) [15, с. 37]. Как раз при таком сгущении сетки скважин и следует оперативное следить за эффективностью скважин путем слежения за изменением меры дислокации.

Все это весьма упрощает «выбор расстояний между скважинами на различных стадиях разведки», который «считается самой трудной и одновременно важнейшей проблемой при разведке каждого нового нефтяного месторождения» [15, с. 6]. Переход в стадию насыщения скважинами будет свидетельствовать о «достаточности выполненных разведочных работ и подготовленности залежей к разработке», которой (достаточности) бакинский нефтяник М.В.Абрамович придавал «особое значение». «Однако требования, им сформулированные, схематичны» [15, с. 3]. Эта «схематичность», нужно полагать, снимается методом меры информации.

Все изложенное касалось распространения понятия мера информации по площади. Но в связи с так называемой сейсмостратиграфией приходится иметь дело с распространением информации «в глубину». Мы найдем применение увеличивающемуся объему информации «в глубину» при прогнозировании нефтегазоносности структур еще до передачи в разведочное бурение. Это связано с построением графиков роста структур, чем занималась Н.М.Белкина в 1972 г. в бывшем тресте Спецгеофизика [14, с. 62—65]. По ее данным, средние градиенты меры дислокации по профилям составили на Красноборском нефтяном месторождении в Прибалтике 0,09°/10 млн лет и 0,07°/10 млн лет на площади «Дружба» (на границе с Польшей) с невыясненной нефтеносностью. Появление промежутка времени 10 млн лет объясняется тем, что этот промежуток принят при вычислении стандартов тектонических районов [13, с. 186]. «Будущие исследования покажут, нельзя ли нефтеносность площадей Прибалтики характеризовать всего одним числом (если площадь «Дружба» нефтеносна) или недостаточно ли уменьшения градиента на 15—20 %, чтобы перейти от нефтеносной площади (если площадь «Дружба» нефтеносна) [14, с. 63]. Для решения этих задач придется изучить градиенты роста нефтеносных и нефеносных структур Прибалтики и классифицировать их по типам. Если одного числа для характеристики окажется недостаточно, то придется привлечь весь график роста в изученном интервале глубин или времен (если изучаются временные разрезы).

Теперь становятся актуальными поиски нефти в огромной Московской синеклизе площадью около 1 млн км². На ее далекой окраине, на северо-востоке, в Печорском бассейне нефть уже давно открыта. В этом бассейне следует изучить и классифицировать графики роста структур в продуктивные и непродуктивные, постепенно продвигаясь от Ухты в направлении Котласа, Ярославля. Разумеется, этот метод следует включить в общий комплекс методов выявления нефтеносных структур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков В.Б. Кибернетика и методология науки. — М.: Наука, 1974.
2. Бруцкус Б.Д. Социалистическое хозяйство. Теоретические мысли по поводу русского опыта //Новый мир. 1990. № 8. С. 174—214.
3. Бухарин Н.И. Теория исторического материализма //Популярный учебник марксистской социологии. М., 1922.
4. Геологический словарь. — М.: Недра, 1978.

5. Глушков В.М. О кибернетике как науке //Кибернетика, мышление, жизнь. М., 1964. С. 53—61.
6. Глушков В.М. Мышление и кибернетика //Диалектика в науках о неживой природе. Физико-математические науки. М., 1964. С. 499—520.
7. Забродин В.Ю. О некоторых особенностях ценностных ориентаций науки в СССР на современном этапе //Вопросы философии. 1989. № 4. С. 80—85.
8. Кунарев А.А. О статье О.Л.Кузнецова, Я.Н.Басина, В.А.Новгородова «Оптимизация управления геологоразведочным процессом» //Сов. геология. 1988. № 12. С. 115—116.
9. Леонтьев Д.Н., Рыбин А.Н. Информация и экономика на примере сейсморазведки //Региональная, разведочная и промысловая геофизика. М., 1981. Вып. 17. С. 1—13.
10. Мазур М. Качественная теория информации. — М.: Мир, 1974.
11. Проблемы Гильберта. — М.: Наука, 1969.
12. Розанов Л.Н. Принципы составления тектонической карты нефтегазоносных областей СССР //Тектоника Сибири. — 1972. Т. 5. С. 38—43.
13. Рыбин А.И. Количественная тектоника //Докл. АН СССР. 1969. Т. 1. № 1. С. 183—186.
14. Рыбин А.И./ Основания геологии как математика. Проблема понимания. — Левобережье-Химки: Литера, 1991.
15. Труды Западно-Сибирского геологоразведочного нефтяного института. — М.:Недра, 1969. Вып. 9.
26. Федынский В.В. Научно-биографическая серия. — М.: Наука, 1984.
17. Цильковский В.Н. Рынок и геологоразведка //Вычислительные методы при комплексной интерпретации геофизических и геохимических данных: Сб. научн. тр. Новосибирск, 1991, С. 93—105.
18. Schoeffler J. La bonne technique et le hasard //Revue de l' Association Francaise des techicien du petrole/Section Geologie —Geophysique. 1971. № 207. P. 15—20.

Принята редколлегией 27 декабря 1993 г.

Рецензии

УДК (049.32)

© Р.Б.Баратов, 1994

Об эндогенных формациях Памира*

Р.Б.БАРАТОВ (АН Таджикистана)

Памир — высокогорная страна с глубочайшими эрозионными врезами (около 7000 м), прекрасной обнаженностью, наличием разнообразных толщ горных пород со сложными тектоническими структурами, чрезвычайной интенсивностью магматических, метаморфических и рудных процессов. Все это позволяет рассматривать Памир как уникальный геологический полигон для решения многих теоретических и прикладных проблем геологии.

Монография чл.-кор. Академии наук Таджикистана В.И.Буданова — 30-летний итог исследований автора в этом высокогорном регионе. Некоторые особенности геологического строения Памира (широкое развитие докембрийских и фанерозойских ареальных и зональных метаморфических комплексов, наличие разнообразных фаций метаморфизма, широкий возрастной и петрохимический диапазон магматизма и др.) позволяют раскрыть общие закономерности возникновения и развития эндогенных формаций. Поэтому в книге, базирующейся только на региональном материале, решаются и общетеоретические вопросы.

Так, впервые дано петрологически содержательное определение самого привычного понятия — эндогенные формации. К ним относятся формации, образовавшиеся в прогрессивной последовательности выше кинетического порога метаморфизма и выше солидусов магматических пород соответствующего состава, а также смешанные по генезису формации и претерпевшие диафторез. Для системной полноты необходимо было рассмотреть рудные формации и высокотемпературные метасоматиты, но, по-видимому, это невозможно было сделать в одной книге.

Эндогенные формации Памира рассмотрены кратко, но систематизированно, предложена новая рациональная терминология; широкое развитие метаморфизма,

тесная связь процессов петрогенезиса магматических и метаморфических пород в памирском докембрии как раз и позволили с предельной полнотой рассмотреть типы зонального метаморфизма, а также проявления двухактного полиметаморфизма и выделить главнейшие возможные типы метаморфизованных магматических формаций; магматические формации систематизированы по петрохимическому составу с учетом среднего для конкретных магматических комплексов. Для классификационных целей В.И.Буданов модернизировал систему петрохимических пересчетов Е.А.Кузнецова так, что в прямоугольной системе координат 95%-ные эллипсы главнейших групп магматических пород оказались непересекающимися, т.е. сохраняющими классификационную надежность.

Безусловно, интересен и сам памирский региональный материал, содержащий большой элемент новизны. Например, выделены рапакиви складчатых областей (орорапакиви), отличающиеся от классических рапакиви щитов, но в то же время имеющие с ними несомненное сходство. Описаны спилито-кератофировая формация, в отличие от привычного типа являющаяся не инициальной, а субконтинентальной; метаморфические породы из областей повышенных давлений, минералы которых обладают повышенной смесью, что сужает разрывы между различными минералами пироксенов, гранатов и других минералов переменного состава. Редкость некоторых полиметаморфических ассоциаций сказалась в наложении дистенгнейсовой фации на гранулитовую, в которой определены флуктуации по давлению и температуре. В отдельных метабазах устанавливаются реакции гранулитизации и эклогитизации с последующим высокотемпературным диафторезом.

Элемент новизны содержится и в самой систематизации эндогенных формаций Памира. Однако еще более важное научное достижение автора — применение категорий формации для моделирования земной коры. В сущности, детальных моделей в литературе все

* В.И.Буданов. Эндогенные формации Памира. — Душанбе: Дониш, 1993.

еще не известно, а по инерции употребляются простейшие конструкции типа 2 гранит + 1 базальт, гранит: базальт = 1:1 и т.п. В монографии использован новый метод (формационный) моделирования коры, учитывающий реальные соотношения формаций кристаллического фундамента, интрузивных пород (состава и геометрии тел) и характер глубинных включений в диатремах. Полученная версия, безусловно, наиболее адекватна реальной коре региона, а разработанный прием моделирования применим к сложным горным сооружениям Высокой Азии (Кунь-Лунь, Каракорум, Гиндукуш, Гималаи, Тянь-Шань) и другим сходным горным областям (Большой Кавказ и др.). К тому же разработанная модель коры относится к наиболее сложному типу коры повышенной мощности (до 70 км). На основе модели рассчитан состав коры, он оказался более основным по сравнению с распространенными моделями. При этом даже гранито-метаморфический слой оказался близким по составу к среднему типу гиперстеновых андезитов. В целом кора Памира ближе к континентальному, чем к океаническому (даже для Северного — эвгеосинклинального Памира) типу, что лишний раз подтверждает и геологическую версию, выдвинутую В.И.Будановым, заключающуюся в доми-

нанте блоковых структур фундамента над линейно-геосинклинальными элементами, понимаемыми традиционно.

Погружаясь в калейдоскоп эндогенных образований Памира, читатель обнаружит, помимо рядовой информации, также и определенную систему, раскрытую автором как эмпирически, в процессе многолетних маршрутов, результатов опробования, получения массы аналитических данных и последующей гигантской вычислительной работы, так и путем теоретических выкладок, часто совершенно необычных.

Огромный фактический материал и теоретические разработки автора используются в геологическом картировании, тектонических построениях, для составления основы металлогенических карт. Некоторые формации применяются как прямые поисковые признаки (металлотекты) для прогноза нерудных месторождений (драгоценные и поделочные камни, магнезиальное сырье и др.). Вся совокупность материалов успешно использовалась при интерпретации геофизических данных. Многие научные положения и фактические данные этого крупного обобщения могут применяться и при изучении эндогенных формаций других горноскладчатых областей.

УДК (049.32)

© В.О.Баграмянц, Г.М.Гейшерик, 1994

О книге Э.М.Литвинова «Введение в морскую геофизику»*

В.О.БАГРАМЯНЦ (ВНИИГеофизика), Г.М.ГЕЙШЕРИК (АО «Геоинформмарк»)

Развитие современной геофизики шло главным образом путем расширения круга решаемых задач и числа объектов исследований, совершенствования аппаратурно-технического и интерпретационного обеспечения работ. Одно из главных направлений прогресса геофизических исследований, несомненно, связано с изучением океанического дна. Специфика условий наблюдений, резко отличных от привычных материковых геологических условий, необходимость пересмотра большинства интерпретационных принципов и особо тесная взаимосвязь фундаментальных, региональных и прикладных задач — все это привело к становлению морской геофизики в качестве самостоятельной отрасли геофизических исследований.

Работы, проведенные в течение последней четверти века отечественными и зарубежными экспедициями, и охват ими всех океанов планеты позволили экспериментаторам накопить огромный опыт исследований, который нуждался в многостороннем анализе и обобщении. К числу таких специалистов по морской геофизике относится и автор монографии Эдуард Матвеевич Литвинов, академик РАЕН, возглавляющий отдел региональных гравимагнитных исследований во ВНИИОкеангеология. Более десятка морских экспедиций, в которых он руководил геофизическими работами, и два ледовых дрейфа в Арктике позволили автору приобрести богатый опыт постановки геофизических исследований в самых различных условиях и решить разнообразные геологические задачи. Данный опыт и явился основой создания монографии «Введение в морскую геофизику».

Такая монография будет способствовать развитию как экспедиционных, так и интерпретационных работ, связанных с изучением геологии глубоководных и шельфовых акваторий, подготовкой квалифицированных научных и производственных кадров; оценкой

перспектив в данной области геологического познания Земли.

Монография содержит 12 глав, в которых последовательно отражены все геофизические методы, применяемые в настоящее время для решения задач морской геологии. Особенно объемно и разносторонне представлены материалы, раскрывающие условия постановки и результаты использования магнито-, электро- и сейсмометрии. Достаточно полно представлены главы, посвященные геотермическим и сейсмическим исследованиям. Лаконичен раздел, освещающий проблемы морской гравиметрии. Однако и здесь подведены итоги не только набортных, но и спутниковых (альтиметрических) измерений.

Наиболее ценны те разделы монографии, в которых дан синтез геолого-геофизических характеристик основных геоструктур океанической литосферы. Это касается и образований вдоль межплитовых границ, и структур, связанных с внутриплитовой активизацией.

Автор показал становление морской геофизики в исторической перспективе, раскрыв причины ее бурного развития в начале 60-х годов и наметив ход ее дальнейшей эволюции в связи с предстоящим изменением отношения человечества к минеральным ресурсам Мирового океана.

В целом издание монографии Э.М.Литвинова, несомненно, заметная веха среди геологических публикаций последнего времени. Она, безусловно, может служить справочным пособием для тех, кто непосредственно занимается изучением океанического дна, будет способствовать решению широкого круга задач, стоящих перед специалистами, интересующимися проблемами региональной геологии и геодинамики, окажет положительное влияние на развитие фундаментальных исследований при изучении верхних оболочек Земли, закрытых водами Мирового океана.

* Э.М.Литвинов. Введение в морскую геофизику. — СПб.: Недра, 1993.

© Коллектив авторов, 1994

Научные исследования В.Е.Гендлера и их значение

А.А.МАРАКУШЕВ, В.И.ЧЕРНОВ, И.Г.НОРДЕГА, С.В.ЕФРЕМОВА, Е.Н.САВОЧКИНА

18 августа 1994 г. исполнилось бы 75 лет крупному геологу и петрографу Виктору Ефимовичу Гендлеру. Он родился в г.Мариуполе, в семье горного инженера, которая в 1922 г. переехала в г.Москву. В 1942 г. по окончании Московского геологоразведочного института Виктор Ефимович был направлен в качестве начальника отряда в Карагандинскую экспедицию Казахского геологического управления, в которой проработал до 1944 г. В 1944—1945 гг. был курсантом школы младших авиаспециалистов, а затем служил в Отдельной авиационной дивизии.

С 1946 г. и до конца жизни (1992 г.) работал в Аэрофотогеологической экспедиции, переименованной позднее во Всесоюзный аэрогеологический трест, а затем в Государственное научно-производственное предприятие «Аэрогеология» Комитета Российской Федерации по геологии и использованию недр. Исследовал территорию Тувы, Алтая, Кольского полуострова, Казахстана и других регионов. Прошел путь от рядового геолога, начальника отряда и партии до технического руководителя, ведущего геолога и главного геолога ряда экспедиций.

В.Е.Гендлер — образец подлинного геолога-ученого, активно совмещающего науку и практику. Его научно-исследовательская деятельность была необычно широкой. Многие работы он проводил с вверенным ему коллективом при тесном сотрудничестве с учеными ИГЕМа, МГУ, КазГУ и других организаций Казахстана и Российской Федерации. Он был генератором новых идей и методических решений, что особенно проявилось при геологическом изучении восточной части Балтийского

щита и составлении космогеологической карты этого региона.

Большое внимание Виктор Ефимович уделял изучению гранитоидов, применяя комплексные методики, включающие разномасштабное дешифрирование, детальное картирование опорных участков, анализ трещинной тектоники, отбор многочисленных проб для петрогеохимической характеристики гранитоидов и детальной обработки математическими методами, анализ радиологического возраста горных пород, дешифрирование контактовых ореолов гранитоидных интрузивов по спектрально-зонным снимкам. При детальном изучении разрывной и трещинной тектоники интрузивных массивов с помощью аэрометодов также широко применялась математическая обработка полученных результатов. В.Е.Гендлер стоял у истоков применения математики в геологии, был руководителем секции в МОИП. Он широко использовал эвристические методы, вероятностные модели, пытаясь познать природу объектов. Им выявлены элементы стратиграфии субстрата в области распространения щелочных гранитов Кейв, подчеркнута роль чешуйчато-надвиговой структуры в восточной части Балтийского щита.

Развитие технических средств дистанционного зондирования способствовало разработке В.Е.Гендлером и его коллегами новых методов использования материалов космических и аэросъемок для изучения «белых пятен» с применением геоморфологических данных, сопоставления снимков с геофизическими аномалиями, радиолокационных снимков на территории Кольского полуострова, южной части Тимана и др. Применение ЭВМ для автоматизации процесса дешифрирования и воссоздания геологического строения территорий при ограниченном количестве наблюдений позволяет значительно сократить затраты на геологическую съемку.

Геолого-экологическое картирование как новый вид региональных исследований, основанный на комплексном анализе результатов, полученных дистанционными методами, при полевых работах и обобщении библиографического материала, также привлекало внимание В.Е.Гендлера. Оценка экологического состояния окружающей среды, прогноз ее изменения в ближайшем будущем, рекомендации по проведению природоохранных мероприятий — вопросы, которые рассматривались В.Е.Гендлером и его коллегами, наряду с другими геологическими проблемами.

В.Е.Гендлер был человеком весьма широких научных интересов. Однако результаты своих исследований и новые идеи он не всегда доводил до публикации в печати, поэтому не все они стали достоянием широкого круга геологов. Ниже коснемся некоторых из таких работ, среди которых видное место принадлежит применению математики в геологии и петрологии.

Международная подкомиссия по систематике изверженных пород Комиссии по систематике в петрологии Международного союза геологических наук в результате более чем двадцатилетней работы сумела согласовать большую часть «корневых» названий. В тесном контакте с международной подкомиссией и комиссией работала Терминологическая комиссия Межведомственного петрографического комитета нашей страны. С 1967 г. В.Е.Гендлер был бессменным председателем гранитоидной подкомиссии Терминологической комиссии, одновременно плодотворно работая в других подкомиссиях. В начале деятельности Терминологической комис-

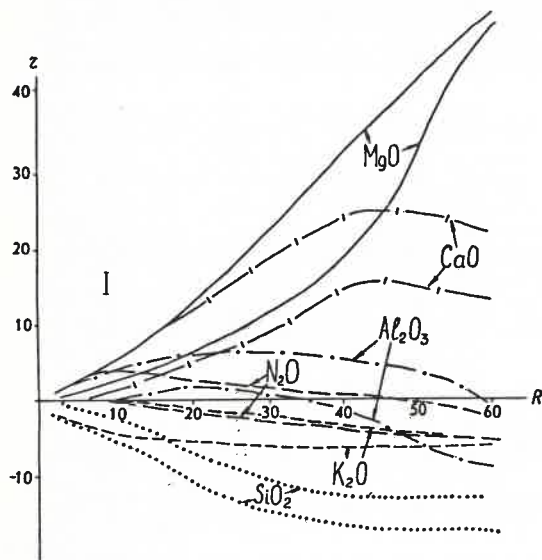


Рис. 1. Граничные кривые роев точек содержания оксидов на диаграмме R—r.

графический масштаб соответствует 95 % вероятности колебания содержания оксидов

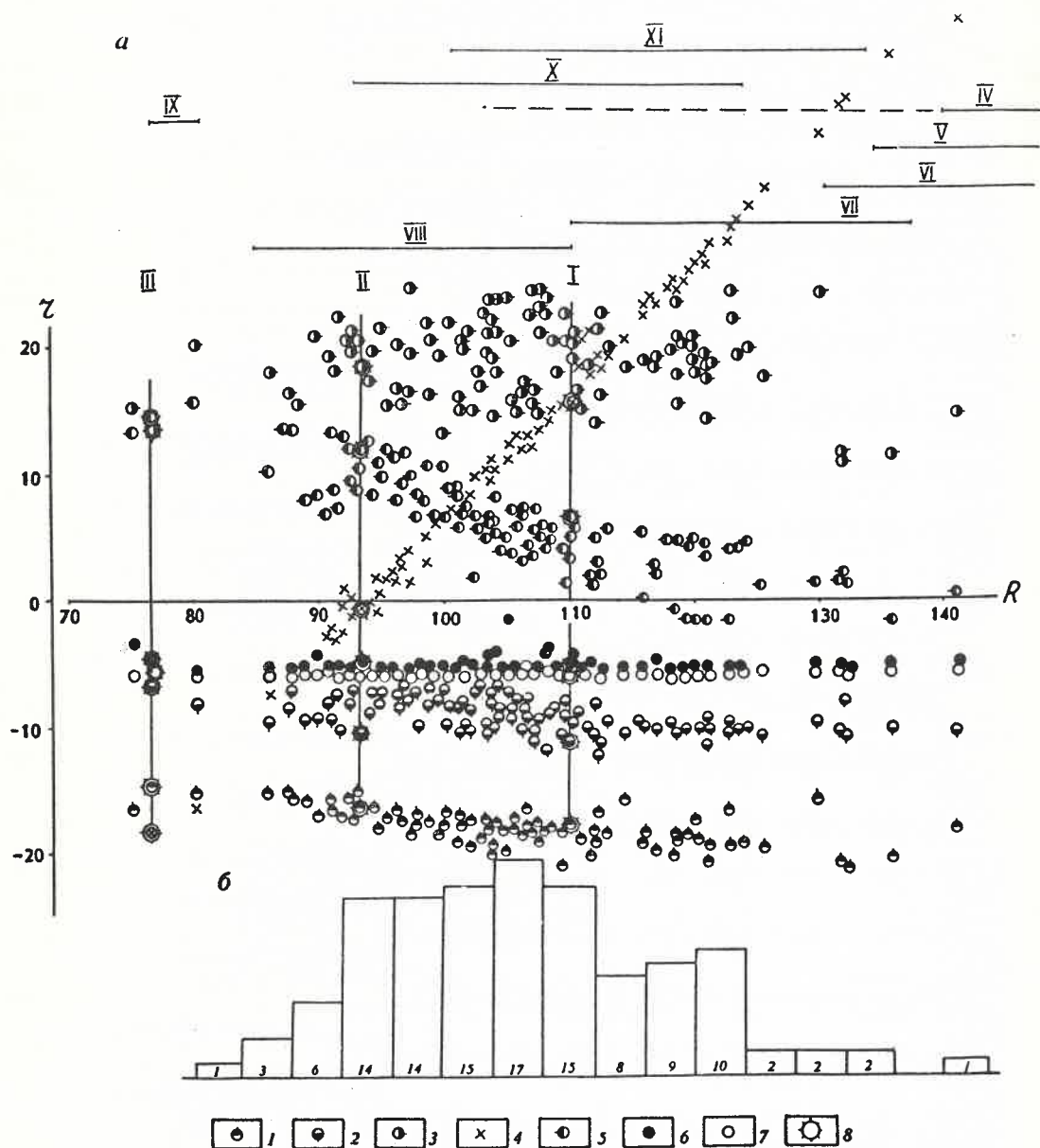


Рис. 2. Графики многомерных отстояний выборки оливиновых и оливин-пироксеновых коматиитов («периодитовых» коматиитов) зеленокаменных зон Карело-Кольского региона от среднего гранита (а), гистограмма распределения коматиитов зеленокаменных зон региона (б):

1 — SiO_2 ; 2 — Al_2O_3 ; 3 — сумма FeO ; 4 — $(\text{MgO}-90)$; 5 — CaO ; 6 — Na_2O ; 7 — K_2O ; 8 — коматииты зеленокаменного пояса Барбертон; оливиновые и оливин-пироксеновые коматииты: I — Комати, II — Сендспрут; III — коматиитовые базальты (базальтовые коматииты) типа Гелук; ультрамафиты плутонические: IV — дуниты, V — гарцбургиты, VI — оливиниты, VII — лерцолиты, VIII — верлиты, IX — вебстериты, X — щелочные периодиты; XI — меймечиты

ях. В начале деятельности Терминологическая комиссия для классификации вулканических пород привлекала только петрохимические данные. Позднее стали учитываться и их минеральные особенности. Плутонические же породы сразу классифицировались по минеральному составу, и первые международные рекомендации по ним были приняты еще в 1972 г. Такой подход дал возможность более полно использовать сложившиеся в петрографии традиции, но при этом не удалось избежать перекрытия по петрохимическим и другим особенностям ряда видов пород, особенно ультраосновных магматических, для которых исследователями бы-

ли предложены многочисленные дополнительные, неоднозначные критерии по конкретным видам пород.

В.Е.Гендлер пошел по иному пути. Он предложил новый метод петрохимической типизации магматических пород и способ его графического изображения, эффективного и при изучении метаморфических пород, особенно их гранитизированных разновидностей. Основы метода опубликованы в 1980 г. в журнале «Советская геология», а последующие дополнения — в 1985 г. в справочном пособии «Петрохимические методы исследования горных пород». По мере разработки метода В.Е.Гендлер докладывал о полученных резуль-

татах на заседаниях Терминологической комиссии Межведомственного петрографического комитета и петрографической секции МОИП. Он показал, что в семействе базальтов объединены совокупности, требующие более детального расчленения. Об этом свидетельствуют и гистограммы, построенные им для базальтов мира по авторским данным. Для исследователей базальтов ясно, что многие породы, относимые по петрохимическим характеристикам к базальтам, не являются таковыми.

В этой связи приведем неопубликованные материалы исследований В.Е.Гендлера, обсуждавшиеся на заседаниях Подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук. Рассмотрим предложенный им метод в применении к конкретным видам пород, а именно: диаграмму граничных кривых роев точек содержания отдельных оксидов и изменения r по отношению к R в кислых, средних и основных породах (рис. 1); графики многомерных отстояний выборок «перидотитовых» коматиитов некоторых зеленокаменных зон Карело-Кольского региона от среднего гранита (рис. 2). На рисунках отчетливо видно, что MgO отличается максимальным уклоном и является наиболее информативным оксидом при классификации магматических пород, если применим соотношения многомерных отстояний (R) с нормированным отстоянием отдельных оксидов (r) от среднего гранита мира. Предложенная методика обработки петрохимических данных состоит в нормировании каждого из основных породообразующих оксидов по отношению к средним гранитам с определением частного отстояния по каждому из оксидов (r) и квадратируванию их с получением многомерного квадратируванного расстояния (R).

Метод многомерного нормирования позволяет четко разделять породы по химическому составу и сравнивать с конкретными plutоническими или вулканическими аналогами, а также определять положение любого одиночного анализа в пределах предлагаемых классификационных единиц, обозначаемых номером горной породы по ее отстоянию от петрохимических особенностей среднего гранита. Таким образом, как и в случае с номерами плагиоклазов, можно представить состав породы на основании ее номера независимо от авторского названия. Если по оси абсцисс отложить значения R для plutонических и вулканических пород по данным различных авторов, а также заимствованные из классических работ, то получаем большой разброс точек: в кислых породах R не превышает 17, в средних — 38, в основных — 55 для пород нормальной щелочности, в трахитах и сиенитах (умеренно щелочных) — 35, в щелочных, таких как фонолиты и нефелиновые сиениты, — не более 25. При совмещении значения R и содержаний отдельных минералов в магматических породах отчетливо наблюдаются отсутствие зависимости R от количества плагиоклаза в плагиогранитах, габбро и долеритах, резкое исчезновение кварца при R , равном 28, в гранитоидах. В нефелиновых сиенитах R обладает тенденцией к возрастанию по мере увеличения содержания роговой обманки. Если используются авторские названия в интервале 35—42, то значения R в андезитах и базальтах перекрываются. При нанесении на диаграмму $R-r$ роев точек содержания различных оксидов лишь MgO (см. рис. 1, 2) обнаруживает линейную зависимость. Только для этого оксида отме-

чается крутой подъем значений r относительно оси абсцисс.

Пересчеты, выполненные В.Е.Гендлером для ультраосновных пород предложенным им методом, показали, что для них значения отстояний по R колеблются от 78 до 130, причем большая кучность значений приурочена к промежутку 99—100. По мнению В.Е.Гендлера и Е.Н.Савочкиной, ультраосновные коматииты, выделенные ранее как «перидотитовые», могут быть подразделены на оливиновые и оливин-пироксеновые, а так называемые «пироксенитовые» коматииты следует именовать пироксеновыми.

Привлечение метода для коматиитов Куола-Выгорецко-Ветряного и других зеленокаменных поясов Карело-Кольского региона (было использовано 110 химических анализов из этих структур) позволило утверждать, что наибольшей информативностью обладает MgO . Коматииты представляют единую непрерывную серию (см. рис. 2). Сравнение полученных данных с соответствующими значениями R , характерными для plutонических пород, показало, что среди рассматриваемых пород почти не имеется аналогов дунитов, оливинитов и гарцбургитов. Относительно небольшую часть пород с R , равным 110—140, можно выделять как вулканические аналоги лерцолитов. Разновидности с R , равным 85—110, достаточно обоснованно можно относить к вулканическим аналогам верлитов. В интервале 75—80 сосредоточены данные для вебстеритов. Для пород, первоначально выделенных как пикриты, т.е. плагиоклазосодержащие породы, R равно 50—75. Меймечиты по петрохимическому составу и значению R целиком перекрываются коматиитами и их plutоническими аналогами. Приведенные данные показывают, что вулканические породы могут быть отнесены к семействам и видам с достаточной достоверностью и дробностью. Так, коматиитовые базальты (базальтовые коматииты), приводимые Н.Т.Ардтом, имеют R , равное 38—49, и являются вулканическими аналогами основных plutонических пород. При наличии одиночного анализа породе можно давать числовую характеристику, сохраняя при этом видовое название (например, оливин-пироксеновый коматиит № 82). Метод В.Е.Гендлера заслуживает внимание геологов, поскольку позволяет использовать не авторское название, а положение породы среди других по отстоянию от гранитов мира, т.е. использовать все главные породообразующие оксиды в единой петрохимической совокупности всех магматических пород.

Широко известна рационализаторская и изобретательская деятельность В.Е.Гендлера. Он предложил устройство для определения элементов залегания горных пород, используя палетки для вычисления коэффициентов спектральной яркости, методики синхронно вращающихся марок и прибора для стереоскопического нахождения азимутов простираения, приставку осветителя шкал столика Е.Федорова и многое другое.

В.Е.Гендлер всегда был полон новых идей в различных областях науки и практики, поражаел разнообразием интересов, энциклопедичностью знаний. Его энергия, готовность прийти на помощь молодым геологам, большая эрудиция снискали ему заслуженную известность не только среди сотрудников аэрогеологической службы и геологической общественности нашей страны, но и за рубежом.

Памяти Валентина Соломоновича Шуба



12 сентября 1994 г. трагически оборвалась жизнь крупнейшего уральского геолога и геоморфолога кандидата геолого-минералогических наук Валентина Соломоновича Шуба. Он родился в 1931 г. в г. Свердловске, здесь закончил среднюю школу и Уральский Госуниверситет.

Сорок лет назад он начал работать в Уральском геологическом управлении. Вслед за А. П. Ситовым — его учителем и одним из основоположников уральской школы геоморфологов — он стал серьезным исследователем недр Урала.

Огромное значение имела составленная В. С. Шубом в 1964 г. геоморфологическая карта Урала масштаба 1:500 000. Валентин Соломонович принимал участие в составлении и других общеуральских карт — шлихов, кор выветривания, россыпей, неотектоники. Был подготовлен оригинальный и практически важный комплект карт, которые не утратили своего значения до настоящего времени и будут служить геологам Урала еще многие десятилетия. Результаты разработок были сведены в изданном в 1968 г. методическом руководстве «Комплексное геолого-геоморфологическое картирование Урала с целью поисков гипергенных полезных ископаемых». Данная книга, одним из авторов которой был В. С. Шуб, стала настольной для геологов, изучающих постпалеозойскую историю Уральского региона.

В конце 60-х годов геоморфологической партией, которой руководил В. С. Шуб, было выполнено исследование эпох древнего протерозойского корообразования, что позволило оценить металлогению протерозойских образований.

Логично было продолжить эти работы. В 1973—1974 гг. В. С. Шубом изучалась палеогеографическая обстановка на восточном склоне Урала в среднедевонскую эпоху корообразования и была установлена возмож-

ность пространственного прогнозирования положения высококачественных бокситов по отношению к источникам сноса. Были составлены палеогеографические карты Северного и Среднего Урала, сделан вывод о том, что наиболее благоприятные условия формирования бокситов характерны для локальных аккумулятивных поверхностей, сложенных карбонатными породами. Полученные данные позволили провести предварительную прогнозную оценку восточного склона Урала и наметить направления последующих работ.

В 1976 г. В. С. Шуб составил палеогеографическую карту для большей части бокситоносного Североуральского бассейна, которая позволила в сочетании с прочими материалами установить закономерности распределения пород рудного горизонта в зависимости от морфологии палеорельефа. Здесь на примере локальных площадей были выработаны критерии оценки бокситоносности.

В. С. Шуб решал как конкретные вопросы поиска сырья, так и проблемы общеуральского характера. В середине 70-х годов им были составлены палеогеоморфологические карты раннего и позднего мезозоя, эоцена, олигоцена, миоцена, плиоцена. Они стали составной частью «Атласа континентальных эпох развития территории СССР».

В конце 70-х годов В. С. Шуб выполнил обширную работу по подготовке к изданию общеуральских геоморфологических карт масштабов 1:2 500 000 и 1:1 000 000. Объяснительные записки к ним содержат сведения обо всех геоморфологических элементах региона — геоморфологических районах, поверхностях выравнивания, формах рельефа и прочих элементах.

В начале 80-х годов им проведена подготовка издания монографии «Развитие рельефа Урала». В 1987 г. В. С. Шуб завершил крупную работу по оценке перспектив золотоносности древних россыпей Урала. В последние годы В. С. Шуб глубоко интересовался проблемами тектономагматической активизации (ТМА) на Урале. Им было проведено структурно-металлогеническое районирование по развитию продуктов ТМА, установлена определяющая роль в структуре Урала и прилегающих областей кольцевых и вихревых форм, выявлена временная сопряженность этапов ТМА с континентальными перерывами, что позволило выделить 16 этапов активизации, установлены критерии диагностики продуктов ТМА. Была дана оценка металлогенического потенциала на редкометалльное золотое оруденение.

В 1993 г. В. С. Шуб выполнил геолого-экономическую и количественную оценки прогнозных ресурсов россыпей золота и платины для территории исследований Уралгеолкомом. В основу оценки были положены выработанные им за многие годы работы принципы районирования, основанные на россыпной специализации геоморфологических районов и отдельных форм рельефа.

Представления В. С. Шуба об уральских россыпных месторождениях отражены в книге «Золото Урала. Россыпные месторождения», выпущенной издательством «Наука» в 1993 г. — к 250-летию юбилею золотой промышленности Урала.

Научное наследие В. С. Шуба велико. Им опубликовано свыше 150 статей, руководств, монографий. Валентин Соломонович широко эрудированный человек. Ему были присущи порядочность, надежность, отзывчивость, доброта.

Трагический уход из жизни В. С. Шуба создал вакуум в ряде важнейших направлений уральской геологической службы. Уральские геологи — его соратники, друзья, сослуживцы, ученики глубоко скорбят об этой утрате. Образ беззаветного уральского исследователя будет вечно жить в их сердцах.

Коллектив Уралгеолкома и
АО «Уральская геологосъемочная экспедиция»
Редколлегия журнала

Памяти Соломона Марковича Тильмана

6 октября 1994 г. ушел из жизни Соломон Маркович Тильман — доброжелательный и обаятельный человек, профессор, доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель науки России, крупный ученый,

талантливый геолог, редкий эрудит в области знаний о Земле, прекрасный педагог. С его именем связана целая эпоха в изучении геологии и полезных ископаемых одного из крупнейших сегментов глобального Тихооке-

анского подвижного пояса — Северо-Востока Азии и сопредельных территорий.

Соломон Маркович Тильман родился 18 ноября 1919 г. в г. Новозыбково Брянской области. Перед войной он окончил геолого-почвенный факультет Московского государственного университета. В 1941—1945 гг. служил в армии. Затем работал старшим геологом техуправления Министерства угольной промышленности западных районов, а далее надолго связал свою судьбу с северо-восточными регионами страны. Он участвовал в работах Таймырской экспедиции треста «Арктикразведка» (1947—1951 гг.), Омчикандинской партии Нижнеиндигирской экспедиции «Дальстроя» (1951—1954 гг.), Сеймчанского районного геологоразведочного управления Северо-Восточного геологического управления (1954—1960 гг.).

Перейдя на работу в Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт, С. М. Тильман тесно увязывал свои теоретические разработки с практикой геологоразведочного процесса, принимал активное участие в составлении и редактировании многих региональных геологических карт. Это геологическая карта, лист 0-58, масштаб 1:1 000 000 (1959—1962), карта оловоносности СВ СССР масштаба 1:2 000 000 (1965), карта нефтегазоносных районов СССР масштаба 1:5 000 000 (1968), более десятка листов «Геологической карты СССР» масштаба 1:200 000 (1961—1965), геологическая карта СВ СССР масштаба 1:1 500 000 (1980) и др.

С. М. Тильман внес большой вклад в изучение региональной тектоники мезозойда севера Тихооке-

анского кольца. Им создана серия карт тектонического строения Верхояно-Чукотской области мезозойда, написан ряд монографий, которые стали настольными книгами геологов Якутии, Колымы и Чукотки.

Будучи уже зрелым исследователем, С. М. Тильман стал изучать тектонику литосферных плит. В 1985—1992 гг. совместно с Н. А. Богдановым работал над созданием принципиально новой «Тектонической карты Северо-Восточной Азии масштаба 1:5 000 000» и объяснительной запиской к ней. Соломон Маркович выделял металлогенические аспекты в своих тектонических разработках.

Даже находясь в последние дни в больнице, Соломон Маркович жадно тянулся ко всякой новой информации и примерял возникающие идеи к любимому им Северо-Востоку, которому не изменил до конца.

Кроме научных трудов С. М. Тильман оставил учеников и единомышленников. Он щедро, бескорыстно и активно помогал своим ученикам в выборе научных и практических проблем для изучения.

Научная и производственная деятельность С. М. Тильмана отмечена многими правительственными наградами, ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки России».

Коллеги, ученики и последователи Соломона Марковича Тильмана никогда не забудут его вклада в изучение и развитие геологии и минерально-сырьевой базы Северо-Востока России. Его самоотверженность, энтузиазм в решении сложных задач будут служить примером, достойным уважения и подражания.

Редколлегия

Архипов Ю.В., Ганелин В.Г., Городинский М.Е., Красный Л.И. Кривцов А.И., Кунаев И.В., Мигovich И.М., Милитенко Н.В., Моралев В.М., Наталенко А.Е., Натапов Л.М., Паракеев К.В., Полуботко И.В., Путинцев В.К., Репин Ю.С., Розенблюм И.С., Рундквист Д.К., Сидоров А.А., Ставский А.П., Щеглов А.Д., Шилов Н.А., Цопанов О.Х.

Памяти Марии Борисовны Бородаевской



11 ноября 1994 года на 83 году жизни после тяжелой и продолжительной болезни скончалась Мария Борисовна Бородаевская — профессор, доктор геолого-ми-

нералогических наук, выдающийся специалист в области геологии месторождений цветных и благородных металлов, почетный разведчик недр.

Вся жизнь Марии Борисовны Бородаевской была связана со становлением и развитием Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) и комплексными исследованиями по развитию отечественной минерально-сырьевой базы.

Научная деятельность Марии Борисовны была направлена на разработку геолого-генетических проблем и основ прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов и преумножение их ресурсов. Наибольший вклад ею сделан в геологическое исследование Урала, где ее деятельность способствовала открытию новых месторождений золота и цветных металлов.

Много сил и творческого энтузиазма М. Б. Бородаевская отдала изучению золоторудных месторождений и условий их локализации в различных обстановках. После окончания в 1934 г. Московского геологоразведочного института она более 20 лет посвятила детальному изучению золоторудных месторождений Урала, Забайкалья, Якутии и других регионов страны. Эти работы были направлены на укрепление сырьевой базы действующих золоторудных комбинатов, на увеличение добычи золота.

Во время войны Мария Борисовна работала начальником уральских геологических партий, решая важнейшие задачи роста золотодобычи. При изучении ею Березовского рудного поля вместе с Николаем Ивановичем Бородаевским, верным спутником жизни Марии Борисовны, были получены выдающиеся научные и прикладные результаты. На основе исследований окислительных березитов и листовитов Березовского поля в

1934 г. М. Б. Бородаевская защитила кандидатскую диссертацию. В 1947 г. вышла в свет монография «Березовское рудное поле», которая до сих пор является примером всестороннего и глубокого изучения рудных полей и месторождений.

В 1949 г. М. Б. Бородаевская первая в ЦНИГРИ защитила докторскую диссертацию, посвященную роли магматизма в образовании золоторудных месторождений. Развивая идею Ю. А. Билибина и Д. Харкера, М. Б. Бородаевская выполнила серию работ по проблеме связи золоторудных объектов с малыми интрузиями.

С 1959 г. имя М. Б. Бородаевской неразрывно связано с изучением месторождений колчеданного семейства, которые были в те времена объектом острых дискуссий. Она стала тем центром творческой мысли и действия, около которого группировались молодые исследователи, впоследствии выросшие под ее руководством в высоко квалифицированных и широко известных специалистов. Талант геолога, исследователя, организатора, опыт предыдущей работы, трудолюбие и энтузиазм позволили М. Б. Бородаевской и ее научной школе создать новое направление в учении о рудных месторождениях — рудноформационный анализ.

Начав с изучения отдельных колчеданных месторождений, она пришла к крупным теоретическим выводам. В 60-е годы Марией Борисовной были успешно разработаны новые методы изучения рудных полей и месторождений, которые обобщены в книге «Некоторые вопросы методики геологических исследований при детальном съемках колчеданных месторождений Южного Урала» (1965).

Ее работы теоретического, методического и прикладного плана были направлены на выявление общих закономерностей размещения и формирования колчеданных месторождений. Под руководством Марии Борисовны в ЦНИГРИ были созданы современные теоретические и геолого-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных металлов, включая скрытые объекты. Реализация ее разработок на Урале и в других колчеданосных провинциях позволила оценить их перспективы и определить первоочередные направления геологоразведочных работ, что способствовало открытию новых промышленных объектов.

Детальное изучение Гайского, Учалинского, Верхнеуральского, Среднеорского и Домбаровского рудных районов Урала обеспечило открытие Восточной зоны Гайского месторождения, Узельгинского, Талганского, Западно-Озерного, Молодежного и других месторождений.

Создав научную школу исследователей и работая в творческом коллективе, Мария Борисовна всегда стремилась продемонстрировать итоги работ в коллективных публикациях. Большинство из более чем 200 ее работ создано в соавторстве с учениками и последователями. Из них наиболее известны монографии «Геологическое строение Гайского рудного поля и условия локализации в нем медноколчеданного оруденения (Южный Урал)» (1968); «Месторождения золота» в трехтомнике «Рудные месторождения СССР» (1974, 1978); «Основы структурно-формационного анализа колчеданосных провинций» (1977); «Колчеданные месторождения мира» (1979); «Поиски меднорудных месторождений» (1985); «Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля и кобальта» (1987); «Система геологических наблюдений при прогнозе и поисках месторождений колчеданных руд» (1992) и др.

Мария Борисовна Бородаевская долгие годы вела большую научно-организационную работу, более 20 лет возглавляя отдел геологии рудных месторождений, а затем отдел месторождений цветных металлов ЦНИГРИ. Она много лет была куратором Мингео СССР, председателем экспертных комиссий по общесоюзным и региональным минерально-сырьевым проблемам.

Деятельность Марии Борисовны Бородаевской отмечена орденами Трудового Красного Знамени, Дружбы народов, Октябрьской Революции, двумя орденами Знак Почета, медалями, а также отраслевыми наградами.

Марию Борисовну отличали разносторонний творческий и организаторский талант, высочайшая работоспособность, твердый характер и целеустремленность, которые счастливо сочетались с добротой, отзывчивостью к людям и непритязательностью к быту и условиям полевых работ. Ее научная добросовестность и неукротимая энергия в стремлении к познанию — образец высокого служения науке. Она прожила большую, яркую жизнь выдающегося ученого, человека, влюбленного в геологию, отдавшего ей все свои силы.

Преданность Марии Борисовны любимой науке, работоспособность, энтузиазм, научная добросовестность и стремление к познанию останутся примером для всех, кто ее знал.

Светлая память о Марии Борисовне навсегда сохранится в сердцах ее соратников по геологии, учеников и последователей.

Редколлегия
Коллегия Роскомнедр
Ученые Советы ЦНИГРИ
АмурКНИИ
ВИМСа
ВСЕГЕИ
ИГЕМ
КазИМСа
ЦНИИгеолнеруд
Уфимский НЦ НАИ
Госгеолком Узбекистана
Госкомгеологии Башкортостана
Уралгеолком

Соратники, друзья, ученики и последователи

От редакции

В № 5 за 1994 г. журнала «Отечественная геология» в содержании и заглавии статьи М. А. Фаворской и С. М. Жданова

напечатано

О металлогеническом значении сквозных систем в нарушении дна Тихого океана

следует читать

О металлогеническом значении сквозных систем нарушений дна Тихого океана

В № 7 за 1994 г. журнала на стр. 17–18 статьи О. В. Мининой

напечатано

следует читать

В промежуточной кольцевой зоне развиты лудлов-жединские терригенно-карбонатные осадки, чередования субмеридиональных структур палеозойд Урала с северо-западными — Тиманского кряжа. Он принадлежит к Ивдельско-Красноуральской структурно-формационной зоне, которая по геодинамическому режиму становления сопоставима со структурами типа островных дуг с корой океанического типа в основании. Отчетливо выделяются две стадии становления магматической дуги: юная (раннесилурийская) с накоплением пород базальт-риолит-плагиогранитной формации натриевого профиля

В промежуточной кольцевой зоне развиты лудлов-жединские терригенно-карбонатные осадки, чередующиеся в разрезе с удаленными фациями трахибазальт-трахитового вулканизма. Внутренняя часть, где сконцентрированы месторождения, представлена породами известково-щелочного вулканоплутонического комплекса лохкова — эйфеля. Эллипсоидная форма структуры подчеркивается размещением тел серпентинитов, занявших современное положение перед накоплением пород трахибазальт-трахитовой формации. С учетом этого и соответствующих возрастных датировок интервал формирования

Contents

ENERGY RESOURCES

- Slavkin V.S.*
Tasks of optimisation of exploration for oil and gas
on the basis of complex interpretation of seismic
surveying and drilling data 3

- Filipsov Yu.A.*
Prediction of phase and chemical composition of
hydrocarbons in sulfate/carbonate sections of areas
with extensive development of trap magmatism 10

METALS AND NON/METALS

- Modnikov I.S., Sychev I.V.*
Principles of quantitative evaluation of uranium-rich
volcanic/tectonic structures 15

- Naumov S.S., Shumilin M.V.*
Uranium deposits of Aldan 20

- Tomson I.N., Polyakova O.P.*
Features of localisation, structure and composition
of large and unique deposits of base and precious
metals 24

STRATIGRAPHY AND PALEOGEOGRAPHY

- Sosnovskaya O.V., Shipitsyn V.A.*
On regional stratigraphic units of Upper
Proterozoan of Altai/Sayanskaya folded area 30

- Krugovyykh V.V.*
Palinological substantiation of stratigraphic
disintegration of Western Taimyr Permian deposits 33

REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS

- Borodin V.P., Buzun V.V.*
Structural designs based on results of automated
analysis of multispectral space photographs 38

- Sapronov N.L., Moskalov V.A.*
Mesozoic volcanism of SW Siberian platform and
prediction for ore-bearing structures 42

- Kachevski L.K., Kachevski G.I., Storozhenko A.A.,
Zuev V.K., Diner A.E., Vasilyev N.F.*
On issue of marking out Archean metamorphic
complexes in Angarski part of Yenisey range 45

GEOPHYSICS AND DEPTH STRUCTURE

- Mikolayevski E.Yu., Erkhov V.A., Evseyenko V.M.,
Aniskovich M.F., Mashinskaya T.V., Shestakov V.I.*
Data banks of predictions based on integration of
complex geological/geophysical information 49

HYDROGEOLOGY AND ENGINEERING GEOLOGY

- Sokolovski L.G., Pavlov Yu.S.*
Near/surface helium field of Central Kopetdag and
adjacent part of Karakums 60

DISCUSSIONS

- Rybin A.I.*
Market economy and exploration 66

BOOK REVIEWS

- Baratov R.B.*
On endogene formations of Pamir 69
Bagramyants V.O., Geisherik G.M.
On E.M.Litvinov book Introduction into marine
geophysics 70

BRIEF INFORMATION

- Marakushev A.A., Chernov V.I., Nordega I.G.,
Efremova S.V., Savochkina E.N.*
Scientific studies of V.E.Gendler and their
importance 71
Memorial to V.S.Shuba 74
Memorial to S.M.Tilman 74
Memorial to M.B.Borodayevskaya 75