

ISSN 0869-7175

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



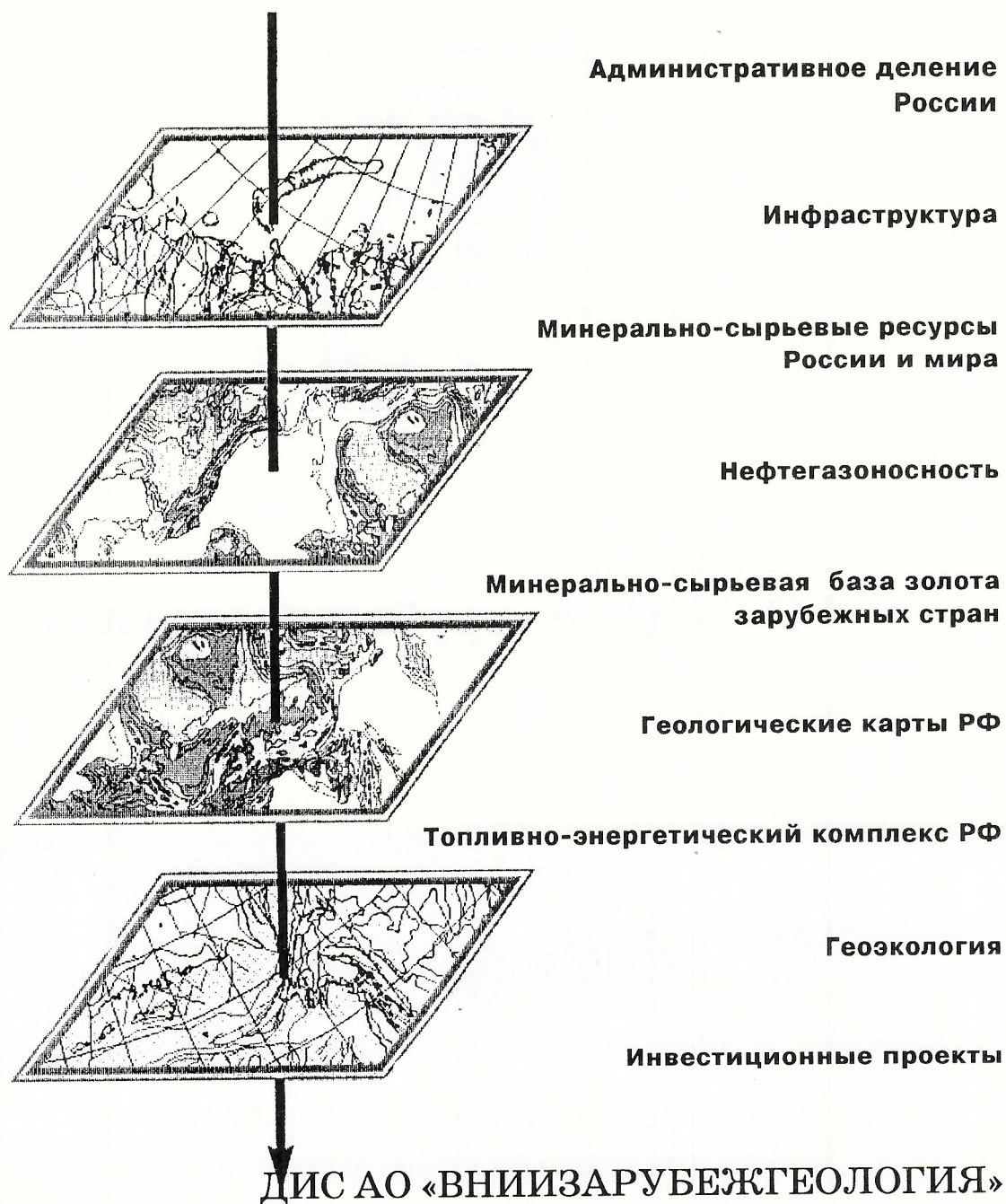
АО «ВНИИзарубежгеология»

2/1996

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ МИРА
И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
В ИХ ОСВОЕНИИ

**Департамент Информационных Систем
«АО ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ»**

**предлагает создание, тиражирование
и поставку геоинформационных систем,
электронных карт и баз данных
по России и зарубежным странам
различного тематического содержания
и масштаба**



Отечественная ГЕОЛОГИЯ

Ежемесячный научный журнал

Основан в марте 1933 года

2/1996

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

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, М. В. Рогачева (отв. секретарь), А. Ю. Розанов, Г. В. Ручкин (зам. главного редактора), Е. И. Семенов, В. В. Семенович, Б. А. Соколов, А. А. Шпак, А. Д. Щеглов (зам. главного редактора), В. А. Ярмолюк

Ю. И. Бакулин, А. Н. Барышев, Г. Р. Бекжанов, В. С. Быкадоров, Н. Н. Ведерников, И. Ф. Глузов, 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

<i>Исаев Е.Н.</i> Акционерное общество открытого типа на базе Всероссийского научно-исследовательского ин- ститута — АО «ВНИИЗарубежгеология»	3	<i>Федоров Д.Л., Костюченко С.Л., Солодилов Л.Н.</i> Среднерусский авлакоген — тектонический трансфер в системе Прикаспийской и Баренце- воморской нефтегазоносных впадин	50
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ			
<i>Высоцкий В.И., Исаев Е.Н., Клецев К.А., Миле- тенко Н.В., Наместников Ю.Г., Федоров Д.Л.</i> Нефтегазовый потенциал осадочных бассейнов мира	6	ГЕОЭКОЛОГИЯ	
<i>Наместников Ю.Г., Высоцкий В.И.</i> Особенности геодинамического развития и неф- тегазоносности материков Гондваны	14	<i>Клубов С.В.</i> Геоэкология — наука о взаимодействии лито- сферы и биосферы	61
РУДНОЕ И НЕРУДНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ			
<i>Некрасов Е.М.</i> Главные геолого-структурные типы и особен- ности крупных эндогенных месторождений золота	19	<i>Прозоров Л.Л., Клубов С.В., Исаев Е.Н., Гри- горян С.В., Солодилов Л.Н.</i> Геоэкологическое обоснование ОВОС при осво- ении нефтегазовых месторождений	65
<i>Пискорский Н.П.</i> Особенности финансирования и методики гео- логоразведочных работ на золото в зарубежных странах	29	<i>Григорян С.В., Клубов С.В., Прозоров Л.Л.</i> Концепция хранения токсичных отходов как альтернатива концепции их захоронения	68
<i>Шелагуров В.В.</i> Техногенные месторождения, методы их изуче- ния и оценки	34	ИНФОРМАЦИЯ	
РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА			
<i>Левин Л.Э.</i> Геология, нефтегазоносность и рудоносность осадочного чехла Мирового океана	42	<i>Булавинцев Д.А.</i> Международное сотрудничество	73
		<i>Милетенко Н.В.</i> Краткие итоги выставки «Геологоразведка-95»	74
		РЕЦЕНЗИИ	
		<i>Хайн В.Е.</i> Геология и минерагения позднеюрско-четвер- тичного осадочного чехла в океанах и на конти- нентах	75

Редакция: Р.В. Добровольская, Г.В. Вавилова, М.В. Рогачева

Сдано в набор 21.12.95. Подписано в печать 21.02.96. Формат 70×108/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

Адрес редакции: 113545, Москва, Варшавское шоссе, 129б.
Телефон: 315-28-47

Отпечатано Государственным картографо-геодезическим предприятием «Поликарт»



© Е.Н.Исаев, 1996

Акционерное общество открытого типа на базе Всероссийского научно-исследовательского института — АО «ВНИИзарубежгеология»

Акционерное общество «ВНИИзарубежгеология» — одна из ведущих научно-исследовательских организаций России в области минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов. Ее основы были заложены созданием в 1956 г. Комплексной Южной геологической экспедиции АН СССР. В 1961 г. на ее базе создана научно-исследовательская лаборатория нефти и газа Главгеологии РСФСР, которая в связи с характером деятельности в 1965 г. переименована в НИИзарубежгеологию. В 1978 г. лаборатория получила статус Всесоюзного, а затем Всероссийского научно-исследовательского института геологии зарубежных стран.

Активно включившись в практическую реализацию программ экономических преобразований в России, институт одним из первых в Геологической службе страны встал на путь акционирования.

В феврале 1995 г. распоряжением Госкомимущества были утверждены Устав, План приватизации и Инвестиционные программы АО «ВНИИзарубежгеология» (АО ВЗГ), в марте получено свидетельство регистрационной палаты.

Основными видами деятельности АО ВЗГ были определены:

научное обоснование стратегии развития внешнеэкономических и межрегиональных связей в области геологии, экологии, минерально-сырьевых и других природных ресурсов; изучение закономерностей размещения, оценка состояния и прогноз развития природных ресурсов и мировой минерально-сырьевой конъюнктуры;

научно-методическая информационно-маркетинговая, картографическая, редакционно-издательская, консультационно-дилерская деятельность, патентно-лицензионная работа, проведение экспертизы, паспортизации и аудит.

Кроме того, Уставом предусмотрен ряд других видов практической деятельности, обеспечивающих основные направления АО ВЗГ.

Задачи и уставные требования АО ВЗГ потребовали совершенствования внутренней структуры организации (рисунок), главная цель которых — повышение самостоятельности и уровня инициатив научных коллективов, с одной стороны, и проведение целенаправленной финансово-экономической политики, с другой.

Расширению контактов с российскими и зарубежными структурами, подтверждению научного и производственного уровня, а также работе в межотраслевых и международных программах способствует участие АО ВЗГ в ряде российских и международных общественных организациях.

АО «ВНИИзарубежгеология» является:

членом Торгово-промышленной палаты Российской Федерации;
коллективным членом Российской инженерной академии, Международного горного конгресса, Международного союза «Георесурсы и новейшие технологии»;
членом Национального комитета геологов, Ассоциации содействия развитию рынка геоинформационных технологий и услуг, Ассоциации «Новейшие технологии»;

учредителем Ассоциации содействия развитию и внедрению перспективных технологий производства драгоценных металлов, фонда «Дети — будущее планеты», Мосстройэкономбанка и ряда других структур.

В новых рыночных условиях наиболее сложной проблемой обеспечения эффективной жизнедеятельности АО ВЗГ является адаптация к рынку интеллектуальной продукции. Этот рынок весьма изменчив. Конъюнктура его резко колеблется, находится в зависимости от технической и инвестиционной политики.

В то же время разработка научно-технической продукции требует длительных сроков, весомых затрат и высокой технологической товарности.

С учетом указанных факторов в АО ВЗГ разработана генеральная Программа научно-исследовательских работ и решения связанных с ними прикладных задач. В ее основе лежат следующие положения:

1. *Цель работ* — создание и внедрение информационно-аналитических, технологических и финансово-экономических систем в минерально-сырьевом комплексе России и зарубежных стран.

2. *Основные задачи*

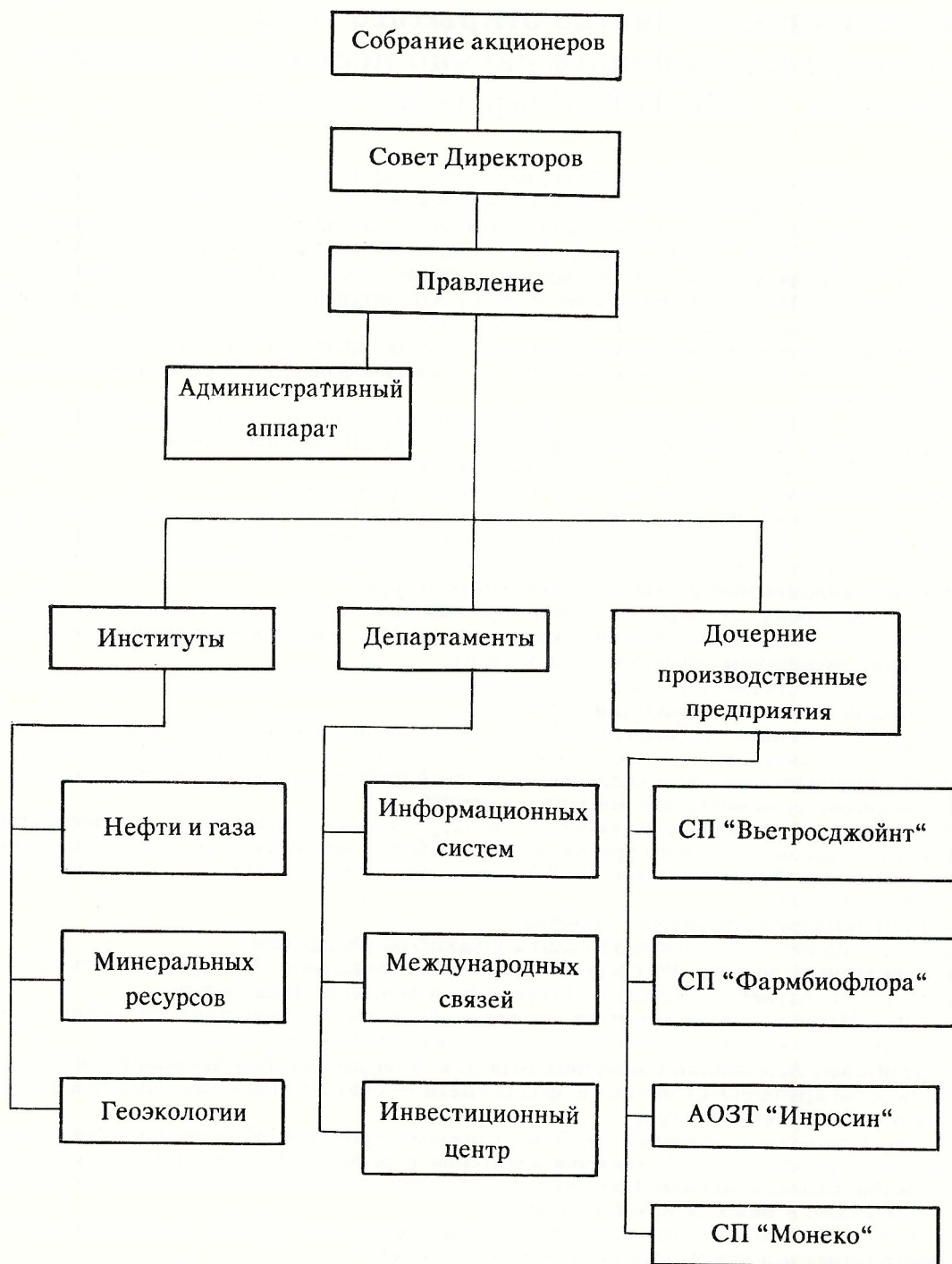
2.1. Создание и мониторинг цифровых баз и банков данных по:

2.1.1. Геологии и экологии стран Мира и Мирового океана.

2.1.2. Минерально-сырьевой базе стран Мира и Мирового океана.

2.1.3. Инфраструктуре добывающей промышленности стран мира.

2.1.4. Финансово-экономическим и нормативно-правовым системам.



Структура АО «ВНИИзарубежгеология»

2.1.5. Лицензионному обеспечению объектов геологоразведочных и эксплуатационных работ, выставляемых на конкурсы и аукционы (по территории России и зарубежных стран).

2.2. Фундаментальные научные исследования в рамках программ академических ведомств, международных фондов.

2.3. Разработка системы технико-экономического обоснования геологоразведочных работ, разработки месторождений и комплексного освоения природных ресурсов.

2.4. Создание системы проведения независимой экспертизы, аудита и паспортизации.

2.5. Организация системы консалтинговых центров в регионах России и за рубежом.

2.6. Привлечение инвесторов для участия в геологоразведочных, добычных и технологических проектах.

3. *Научное и инженерное обеспечение работ*

3.1. Непрерывность и увеличивающаяся углубленность научного анализа.

3.2. Прямая зависимость во времени проводимых научных исследований и практических разработок с их реализацией потребителям-заказчикам.

3.3. Прогноз и опережающее реагирование на конъюнктуру рынка информации и технологий в сфере минерально-сырьевого комплекса.

3.4. Использование компьютерных технологий и оперативной полиграфической подготовки конечного продукта, включая цифровые (мультимедиа), в создании баз и банков данных и цифровой картографии, компьютерный набор изображения и цветоделения для оперативной полиграфии, выпуск продукции в принятый на международном рынке научной информации формате представления.

4. *Основная продукция*

4.1. Геоинформационные банки и базы данных.

4.2. Патенты, авторские права, свидетельства об интеллектуальной собственности.

4.3. Аналитические обзоры и рекомендации по возможным объектам инвестирования.

4.4. Технико-экономические обоснования инвестиционных проектов.

4.5. Специализированные картографические материалы на цифровых носителях.

4.6. Консалтинговые услуги.

4.7. Качественный характер выпускаемой продукции предусматривает ее использование в виде:

традиционных печатных материалов, консультаций;

материалов в цифровом представлении, включая CDROM;

передачи по телекоммуникационным системам связи в международные банки данных и потребителям.

5. *Основные потребители продукции*

5.1. Потребителями продукции могут быть частные и государственные компании и ведомства как российские, так и зарубежные, а также учебные заведения, общественные организации и фонды, работающие в сфере использования и изучения объектов минерально-сырьевого комплекса.

В настоящее время наиболее крупными заказчиками работ являются Роскомнедра, РАО ГАЗПРОМ, Роскомдрагмет, РАО ЕЭС, администрации субъектов Российской Федерации, ряд зарубежных компаний, российские и зарубежные коммерческие банки.

6. *Техническое обеспечение*

6.1. Завершение внедрения в научный и производственный процесс современных компьютерных технологий и технологий передачи данных по телекоммуникационным системам.

6.2. Организация единой сетевой системы ВЗГ и ее связи с информационными системами России и зарубежных стран.

7. *Финансовое обеспечение*

7.1. Заказы коммерческих организаций.

7.2. Заказы бюджетных организаций.

7.3. Собственные средства.

7.4. Средства, полученные за счет реализации продукции и услуг.

7.5. Заемные средства.

8. *Кадровое обеспечение*

8.1. Научный и технический персонал.

8.1.1. Собственный научный потенциал АО ВЗГ.

8.1.2. Привлеченный для проведения специализированных исследований научный и технический персонал.

8.2. Создание условий для повышения квалификации сотрудников, привлечения известных специалистов для работы в качестве экспертов с целью организации на базе имеющихся кадров отделения по экспертизе инвестиционных проектов в сфере твердых полезных ископаемых, нефти и газа, геоэкологии, геофизики, геммологии и др.

8.3. Обновление научных кадров за счет привлечения молодых специалистов и целевой подготовки кадров в российских и зарубежных учебных заведениях на конкурсной основе.

В настоящее время АО ВЗГ подошло к заключительному этапу акционирования — инвестиционному конкурсу на участие в программе АО ВЗГ.

На конкурс выдвигаются два блока, каждый из которых требует инвестиций по 2,5 млн. долл. США. Победителям конкурса предоставляется право выкупа двух пакетов акций (по 25 %) по номинальной стоимости.

Первоочередные инвестиции планируется направить на решение следующих задач: приобретение новой техники (контракты заключенные с компаниями TEXACO, INTERGRAPH, AGFA и др.);

аренда канала телекоммуникационной связи (с компаниями ROSNET, TVINFORM); приобретение программных продуктов (компании WINGIS, MAPINFO, ARCINFO, INTERGRAPH и др.);

техническое обслуживание оборудования (LARSEN, INTERGRAPH, LANDMARK, Canon);

создание цифровой сети связи АО ВЗГ (контракт с компанией INTERGRAPH);

реконструкция средств связи и охранных систем АО ВЗГ;

реконструкция инженерных сетей и проектирование строительства офисно-гостиничного центра;

обучение, повышение квалификации персонала по современным технологиям, создание баз и банков данных, ГИС-технологиям и технологиям оперативной полиграфии;

оснащение экологического и геммологического лабораторных комплексов.

Программа развития АО ВЗГ показывает, что акционирование института ведет не только к сохранению профиля его деятельности, но и к интенсивному его развитию на базе новейших технологий и комплексного подхода к изучению и освоению природных ресурсов.

Изменяется форма собственности, характер хозяйствования, но значимость АО «ВНИИзарубежгеология» в системе Геологической службы России, как мы думаем, остается прежней, а реализация инвестиционной программы позволит стать АО ВЗГ одним из международных геологических центров России.

Топливо-энергетическое сырье

УДК 553.98

© Коллектив авторов, 1996

Нефтегазовый потенциал осадочных бассейнов мира

В.И.ВЫСОЦКИЙ, Е.Н.ИСАЕВ, К.А.КЛЕЩЕВ, Н.В.МИЛЕТЕНКО, Ю.Г.НАМЕСТНИКОВ, Д.Л.ФЕДОРОВ

Осадочные породы практически повсеместно распространены на территории и в акватории Земли. Большая их часть (73 %) сосредоточена на материках и прилегающих шельфах, занимая примерно 1/3 поверхности Земли. Относительно повышенным содержанием осадочных образований (9 %) отличается континентальный склон, учитываемая крайне незначительную площадь его развития в структуре земного шара (около 1/10 поверхности). Сравнительно небольшое количество осадков (18 %) приходится на долю ложа океанов, которые охватывают больше половины поверхности Земли.

Участки земной поверхности, выполненные толщей осадочных пород с гипоцентрическим строением, обычно рассматриваются как осадочные (седиментационные) бассейны. Значительная часть таких бассейнов имеет повышенные мощности осадочного чехла (более 1 км), в их разрезе присутствуют породы, способные генерировать углеводороды, обеспечивать их аккумуляцию и сохранность залежей. Оценка нефтегазового потенциала такого рода осадочных бассейнов — одна из важнейших задач геологии нефти и газа. От достоверности данных о

наличии, величине и закономерностях размещения углеводородов зависят возможности и перспективы дальнейшего развития нефтегазодобывающей отрасли, технико-экономические показатели разведки и освоения ресурсов нефти и газа, а также решение многих теоретических вопросов формирования и распространения месторождений нефти и газа и совершенствования методики их поисков.

Ресурсы углеводородов (УВ) оцениваются во многих национальных и международных научных центрах, государственных организациях и отдельных крупных нефтяных компаниях. Полученные результаты, как правило, разнятся между собой, иногда весьма существенно. Это вызвано главным образом использованием различных методических приемов. Кроме того, на оценку ресурсов нефти и газа, прогноз их распространения по площади и разрезу, надежность сопоставления по регионам, особенно удаленным друг от друга, сильно влияют знания геологического строения и нефтегазовости осадочных бассейнов.

Во ВНИИзарубежгеологии в течение нескольких десятилетий накапливался и сис-

тематизировался и с определенных методических позиций анализировался и анализируется геолого-геофизический материал по геологии и нефтегазоносности осадочных бассейнов зарубежных стран. Во ВНИГНИ аналогичная работа проводилась по изучению России и стран ближнего зарубежья. В настоящее время совместными усилиями двух институтов завершена многолетняя фундаментальная научная разработка по изучению планетарного распределения нефтегазового потенциала в осадочных бассейнах земного шара.

Изучение материалов по осадочным бассейнам и их систематизация проводились на основе представлений о нефтегазоносных бассейнах. Бассейновый принцип нефтегазогеологического районирования в настоящее время широко распространен среди геологов-нефтяников различных стран мира. Почти всеми исследователями при выделении нефтегазоносных бассейнов используются тектонический и историко-геологический принципы с учетом условий образования, накопления и консервации нефти и газа.

Во всем мире, включая Антарктиду, выделено 511 бассейнов; в 226 из них установлены промышленные скопления углеводородов, и они рассматриваются как нефтегазоносные бассейны (НГБ). В остальных предполагается наличие нефтяных или газовых залежей, и они отнесены к возможно нефтегазоносным бассейнам (ВНГБ). Выделенные бассейны связаны с осадочными депрессиями. Они имеют различные геологическое строение и генезис и расположены в пределах разнообразных тектонических элементов континентов и океанов.

Изучение НГБ и ВНГБ проводилось с единых методических позиций. Анализировались многочисленные и разнообразные данные по геологическому строению и истории развития бассейнов, условиям осадконакопления, формированию залежей углеводородов различного фазового состояния. Углубленному анализу подвергались данные по литологическому составу осадочной толщи, строению и формированию основных структурных поверхностей, изменению по площади и разрезу мощностей и фациального облика пород продуктивных и перспективных комплексов. Особое внимание уделялось изучению коллекторских толщ, нефтематеринских пород и экранирующих толщ, размещению и строению месторождений нефти и газа. В случае наличия солей и рифов подробно выяснились особенности их размещения. Изучались данные по бурению и сейсмическим исследованиям, эффективность выявления месторождений, морфология и режим залежей.

В результате использования вышеперечисленных обширных данных впервые была дана единообразная и детальная характеристика всех НГБ и ВНГБ мира, в т.ч. и Антарктиды. Она включает возраст фунда-

мента, мощность и литологию осадочной толщи, коллекторские, нефтематеринские и экранирующие свойства, размещение месторождений нефти и газа, битумов и высоковязких нефтей, их стратиграфическую привязку, распределение рифов и солей.

При анализе и систематизации огромного геолого-геофизического материала по НГБ и ВНГБ, сопоставлении бассейнов друг с другом, выявлении закономерностей в распространении скоплений нефти и газа, сравнительной оценке перспектив нефтегазоносности возникла необходимость применения какой-либо классификации бассейнов. Существует более 30 классификационных схем, составленных с учетом тектонической природы, положения и истории геологического развития бассейнов, их структурно-геоморфологических особенностей, условий образования, накопления и консервации нефти и газа и т.д. Эти схемы подробно рассмотрены в трудах И.О.Брода, И.В.Высоцкого, Н.И.Нестерова, В.Б.Оленина, Б.А.Соколова, В.Е.Хаина и др.

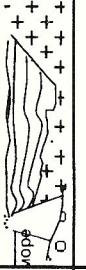
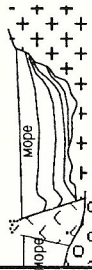


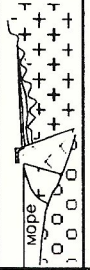

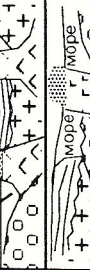
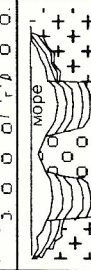


Ни одну из имеющихся классификаций мы не могли использовать в нашей работе, т.к. они не отражали всех разновидностей бассейнов, развитых в мире. Возникла необходимость разработать классификацию с использованием современных представлений об истории развития Земли, в частности геодинамического принципа, основанного на теоретической концепции тектоники литосферных плит.

С учетом имеющегося обширного материала по геологии, истории развития, нефтегазоносности бассейнов и основных положений концепции тектоники плит была разработана оригинальная классификация нефтегазоносных бассейнов (рис. 1), учитывающая только современную геодинамическую обстановку. На ее основании проведена типизация всех бассейнов мира. Выделены категории, группы и подгруппы, типы и подтипы бассейнов.

Все бассейны по составу подстилающей земной коры и расположению в пределах литосферных плит разделены на три категории: континентальные, океанические и переходные. По приуроченности к основным тектоническим элементам плит внутри категории бассейнов выделены группы бассейнов. Так, континентальная категория подразделена на две группы бассейнов (платформенные и орогенные пояса); переходная — на четыре (реликтовых окраин, континентальных и океанических окраин, междуплитные). Океаническая категория представлена одной группой бассейнов — таласократонных. Некоторые из групп бассейнов разделены на подгруппы.

Группы бассейнов разделены на типы по особенностям истории геологического развития и характеру геологического строения. В первом случае выделены такие типы, как кратонные, кратогенные постплатформен-

Нефтегазоносные бассейны в соответствии с современной геодинамической обстановкой		Типы подтипа		Основные структурные и морфологические формы	Типовая модель нефтегазоносного бассейна	Тип бассейна по классификации		Примеры типичных нефтегазоносных бассейнов и их номер на карте		
Категория	Группа и подгруппа	по особенностям истории геологического развития	по характеру геологического строения			A.W.Bally (1980)	H.D.Klemme (1984)			
Континентальные	Платформенные	Кратонные (древние)	Синклинали	Рифт, авлакоген		121	I, IIa	Чадский (241) Днепро-Скотоприятский (184)		
				Кратонные (молодые)	Впадина		1211 1212	IIb	Среднеазиатский (37) Оростский (35)	
	Орогенных (подвижных)	Континентальные пассивные	Палеодивергентные	Покровно-складчатые	Межгорные впадины		222	IIa	Уинта-Пайсенс (65) Грин-Ривер (61)	
					Коллизионные	Предгорный прогиб		41 22 221	IIca	Персидского залива (317) Северо-Предкарпатский (203)
					Конвергентные	Межгорная впадина		321 322	IIIbc	Паннонский (206) Венско-Моравский (205) Грейн-Валли (74)
					Палеодивергентные	Надвиг, покров		41, 42	IIcb	Карпатский (204)
	Реликтовых окраин	Континентальные пассивные	Палеодивергентные	Глубоководные моря	Суша-шельф-континентальный склоно-подножье		33	IIIbb	Прибрежно-Колумбийский (121) Бонайре-Корьяко (124)	
					Глубоководные моря	Суша-шельф-континентальный склоно-глубоководная впадина		1143	IIcc, IV	Мексиканского залива (87) Южно-Каспийский (289)
		Пассивные	Дивергентные	Периконтинентальные	Периконтинентальная впадина, шельф-континентальный склоно-подножье, дельта		114	IIIs, IV	Кампус (158) Гвинейского залива (248) Бофорга (15)	

Переходные		Континентальных окраин		Активные		Конвергентные		Тихоокеанского типа		Рифтовые		Синклинали		Рифтовые		Рифты, осевая котловина		Рифтовая долина	
		Активные		Конвергентные		Конвергентные		Тихоокеанского типа		Рифтовые		Синклинали		Рифтовые		Рифты, осевая котловина		Рифтовая долина	
		Активные		Конвергентные		Конвергентные		Тихоокеанского типа		Рифтовые		Синклинали		Рифтовые		Рифты, осевая котловина		Рифтовая долина	
Северо-Суматринский(435) Северо-Яванский(441)	IIIa	3132		Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза	Впадина, синеклиза
Бонапарт-Галф(449)	IIIc, IIb	1141		Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб	Впадина-глубоководный желоб
Лебу-Арауко(161)	-	21-0С		Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб	Впадина-частично глубоководный желоб
Критский(210)	IIIbc	3122		Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина
Уэцу(372)	IIIb	32		Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб	Впадина, прогиб
Курильский(369) Барбадос-Тобаго(116) Бенкуленский(440)	V	311,42		Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб	Терраса, прогиб
Каган(418)	IIIb	332		Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина	Впадина
Охотский(288)		3121-0С		Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина	Впадина, глубоководная котловина
Красноморский(237) Аденского залива(322) Калифорнийского залива(91)	IIIa/IIIc	111		Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен	Рифт, грабен
Бенгальского залива(403)		113-0С		Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина	Рифты, осевая котловина

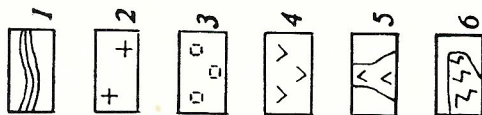


Рис. 1. Классификация нефтегазоносности бассейнов (составил Ю.Г. Наместников):

1 — осадочные породы; 2 — континентальная кора; 3 — океаническая кора; 4 — дислоцированная кора; 5 — вулканические породы; 6 — осадочные породы, надвиги осадочных пород

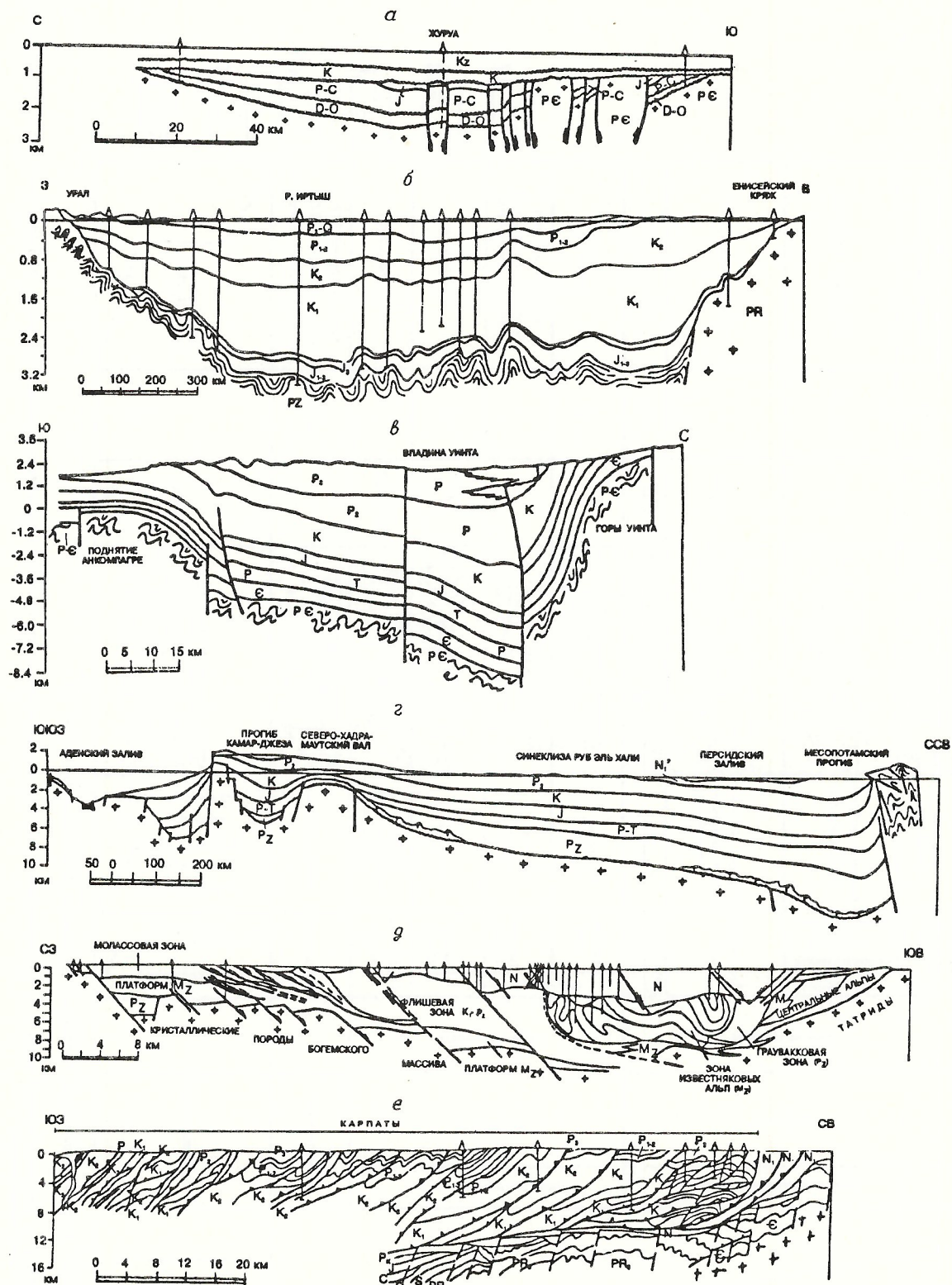


Рис. 2. Геологические разрезы континентальных нефтегазоносных бассейнов:

платформенные: а — кратонные, Среднеамазонский НГБ (Капуто, 1985), б — кратогенные, Западно-Сибирский НГБ (Варенинова и др., 1983); орогенных, подвижных поясов: в — постплатформенного орогена, Уинта-Пайсенса НГБ (Sanborn, 1971), г — е — коллизионные (г — платформенно-складчатые, НГБ Персидского залива, Галенкова, Николаенко, 1983; д — внутрискладчатые, Венко-Моравский НГБ, Krill, Wessely, 1979; е — покровно-складчатые, Карпатский НГБ, Шапин и др., 1977)

ные, коллизионные, субдукционные и др. К кратонным отнесены бассейны, имеющие древний архейско-раннепротерозойский возраст фундамента, к кратогенным — бассейны с молодым (байкальским, каледонским, герцинским и мезозойским) фундаментом. Бассейны, расположенные на микроконтинентах, рассматриваются как континентальные. В зависимости от геологического строения они отнесены к платформенным кратонным или кратогенным бассейнам.

Во втором случае выделены следующие типы — синклинорные, рифтовые, глыбово-блоковые, платформенно-складчатые, внутрискладчатые, покровно-складчатые, внутренних глубоководных морей, периконтинентальные задуговые европейского типа, задуговые, преддуговые и междуговые тихоокеанского типа, окраинных морей и др. Некоторые типы, например, внутрискладчатые, разделены на подтипы. Выделение платформенно-складчатых бассейнов, отличительной чертой которых является присутствие краевых предгорных прогибов, проводилось только для орогенных поясов, сформированных в альпийский цикл тектогенеза.

Бассейны активных океанических окраин — преддуговые, междуговые и задуговые — выделены только на стыке океанических частей плит, например, Тихоокеанской плиты с Индо-Австралийской, плиты Филиппинского моря и Северо-Американской, Карибской плиты с Северо-Американской и Южно-Американской. На стыке океанических плит с континентальными выделялись активные континентальные окраины без подразделения их на преддуговые, междуговые и задуговые бассейны.

При подготовке классификации НГБ использована терминология, принятая в России, СНГ и зарубежных странах. Выделенные типы бассейнов даны в сопоставлении с основными классификациями, используемыми в западных странах [5, 6]. Классификация бассейнов сопровождается геологическими моделями всех выделенных типов бассейнов. При составлении моделей использованы конкретные геологические профили. Некоторые из них, характеризующие различные типы бассейнов мира, приведены на рис. 2, 3.

Детальное изучение особенностей строения нефтегазоносных и возможно нефтегазоносных бассейнов мира позволило успешно решить вторую задачу — количественно оценить ресурсы нефти и газа всех нефтегазоперспективных регионов. По нашим подсчетам, мировые начальные извлекаемые ресурсы нефти составляют 540 млрд. т, а газа — 546 трлн. м³ (рис. 4). Для сравнения приведем последние по времени оценки мирового нефтегазового потенциала, выполненные Геологической службой США, которые по нефти составляют 307 млрд. т, а по газу — 328 трлн. м³ [9]. Не вдаваясь в детали расхождений в подсчетах (хотя по-

добный анализ был выполнен), отметим две главные с нашей точки зрения причины, обусловившие эти различия. В американских оценках значительно занижены ресурсы как нефти, так и газа осадочных бассейнов стран СНГ. Например, у Ч.Мастерса и его коллег извлекаемые ресурсы газа стран СНГ составляют 107 трлн. м³, в то время, как по данным ГАЗПРОМа по состоянию на 1.01.1991 г. они составляли 250 трлн. м³. Подобные расхождения имеются и в оценках нефтяных ресурсов стран бывшего СССР. Кроме того, в американских подсчетах не учитывались ресурсы глубоководных акваторий (за пределами континентального шельфа). По нашим оценкам, последние составляют по нефти 36 млрд. т и по газу 63 трлн. м³.

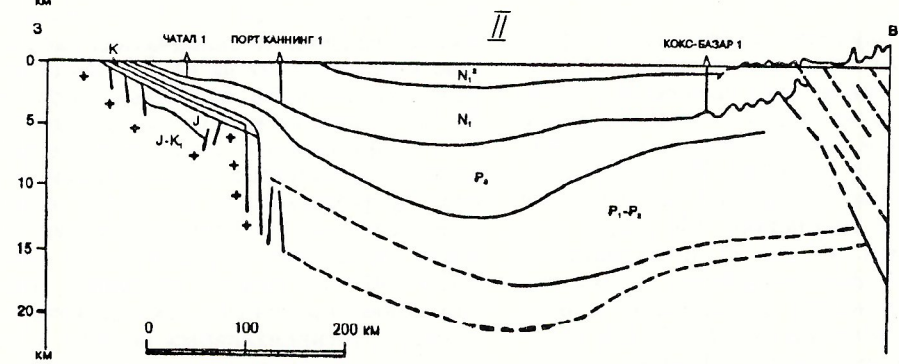
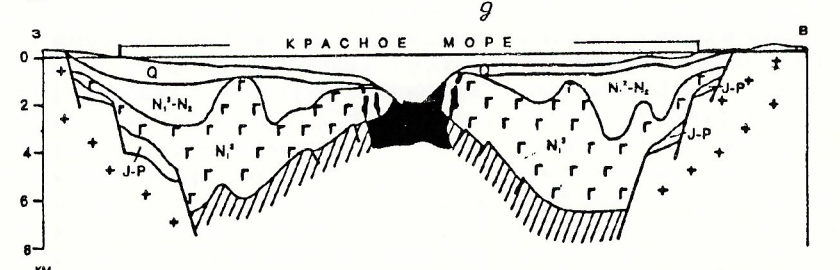
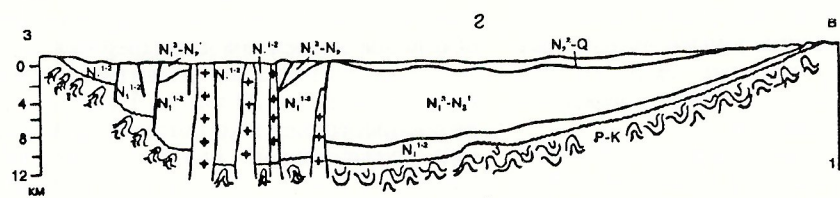
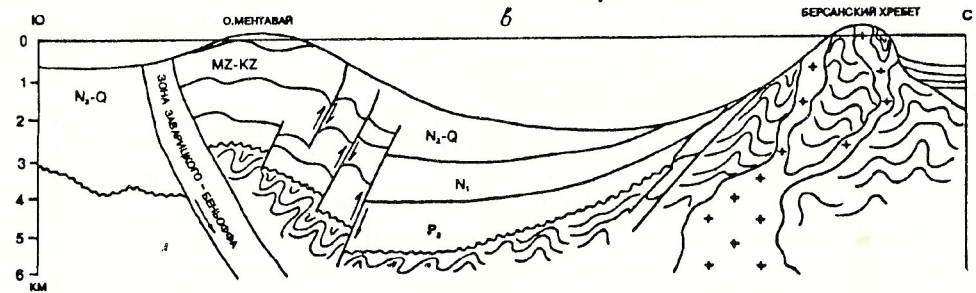
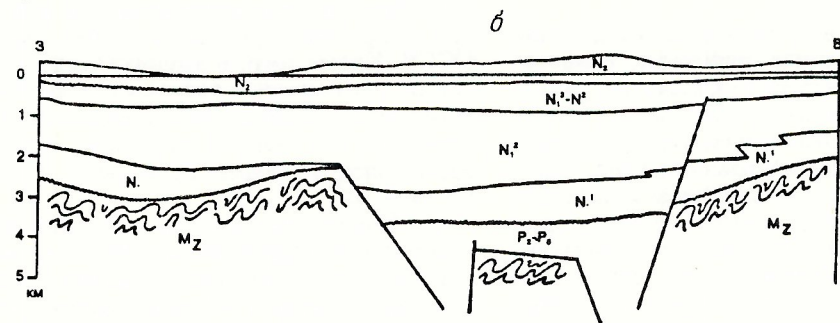
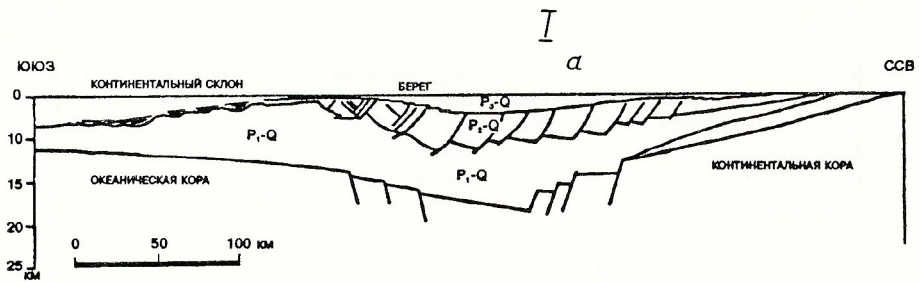
Обобщение материалов по нефтегазоперспективным территориям мира и их нефтегазоносному потенциалу позволяет сделать некоторые выводы об особенностях их распространения, строения и начальном нефтегазовом потенциале.

1. Из 511 нефтегазоносных и возможно нефтегазоносных бассейнов, расположенных на территории и акватории мира, промышленные залежи нефти и (или) газа установлены лишь в 226 бассейнах (44 %). Преобладающая часть бассейнов (285, или 56 %) является перспективной для открытия месторождений углеводородов.

2. Бассейны с учетом современной геодинамической обстановки, приуроченности к основным элементам литосферных плит, истории геологического развития и строения подразделены на 20 типов. Наиболее широко распространен в количественном отношении коллизионный внутрискладчатый тип бассейнов (26 %). Этому типу соответствуют бассейны, связанные с межгорными впадинами разновозрастных орогенных поясов. Весьма значительная роль принадлежит кратонным рифтовым и синклинорным бассейнам (18 %), развитым на древних платформах, и дивергентным периконтинентальным бассейнам, приуроченным к пассивным континентальным окраинам (13 %). Достаточно широко развиты также бассейны дуговые, связанные с активными океаническими окраинами (10 %), и коллизионные платформенно-складчатые, охватывающие краевые прогибы (9 %). В целом преобладающая часть бассейнов мира (почти 80 %) относится к пяти указанным типам.

3. Нефтегазовый потенциал бассейна в целом определяется его строением и историей формирования. Наиболее высокими перспективами нефтегазоносности (плотность начальных геологических ресурсов 100—500 тыс. т/км²) обладают три типа бассейнов: кратонные, дивергентные пассивных континентальных окраин и коллизионные платформенно-складчатые.

Бассейны с уникальной плотностью начальных геологических ресурсов нефти и



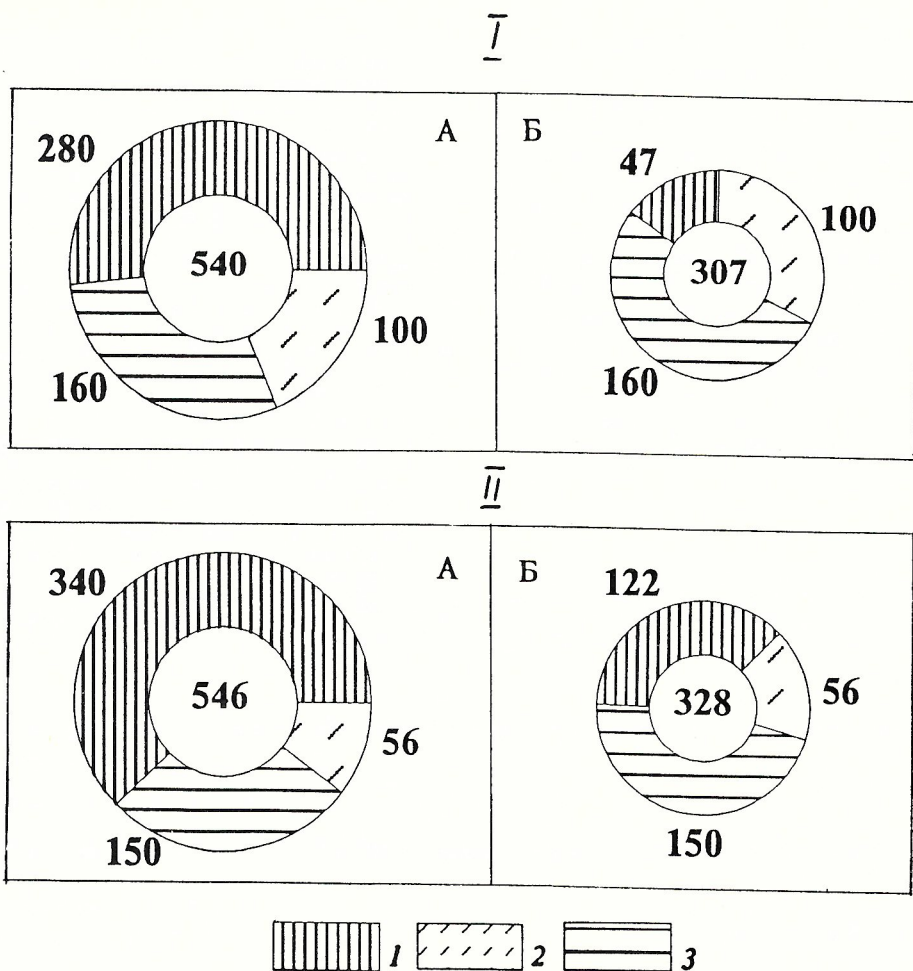


Рис. 4. Мировые ресурсы нефти (в млрд. т, I) и газа (в трлн. м³, II):

А — оценка ВНИИзарубежгеология; Б — оценка Геологической службы США; 1 — неоткрытые ресурсы; 2 — накопленная добыча; 3 — текущие запасы

газа (более 500 тыс. т/км²) не имеют четко выраженной закономерности в приуроченности к определенным типам. Подобными плотностями ресурсов отличаются бассейны Персидского залива, Маракайбский, Западно-Сибирский и Баренцевоморский. Они отнесены к различным типам бассейнов: коллизионным платформенно-складчатым, коллизионным внутрискладчатым, кратонным синклиническим (молодые платфор-

Рис. 3. Геологические разрезы нефтегазоносных бассейнов различных типов:

I — переходные; II — океанические талассократонные, Бенгальский НГБ (Paul, Lian, 1975); а — дивергентные периконтинентальные пассивных континентальных окраин, НГБ Гвинейского залива (Danst, Omatsola, 1989); б — конвергентные задуговые периконтинентальные активных континентальных окраин, Северо-Суматринский НГБ (Fletcher, 1976; Soeparjadi, 1983); активных океанических окраин: в — конвергентные преддуговые, Бенкуленский НГБ (Koesoemadinatq, 1974), г — конвергентные междууговые, НГБ Кагаан (Ayers, Pedderson, 1961); д — рифтовые междуплитные, Красноморский НГБ; 1 — континентальная кора; 2 — кора океанического типа; 3 — кора переходного типа; 4 — соль

мы) и кратонным синклиническим (древние платформы). Повышенная плотность начальных геологических ресурсов углеводородов в этих бассейнах обусловлена уникальностью геологического развития, которая способствовала благоприятному сочетанию нефтематеринских, коллекторских и экранирующих толщ. Не отмечается определенной закономерности и в распределении бассейнов с самой низкой плотностью начальных ресурсов (менее 10 тыс. т/км²). Они могут быть любые типы бассейнов.

4. В нефтегазоносных бассейнах выявлено более 50 тыс. месторождений нефти и газа. Почти половина месторождений (42 %) открыта в коллизионных платформенно-складчатых бассейнах, неотъемлемой частью которых является наличие предгорного прогиба. Данный тип бассейнов отличается в количественном отношении средней степенью распространения. Значительное количество месторождений нефти и газа (30 %) установлено в бассейнах внутренних глубоководных морей. Эти бассейны имеют ограниченное распространение. Практически все выявленные месторожде-

ния указанного типа сосредоточены в бассейне Мексиканского залива.

5. Преобладающая часть месторождений нефти и газа (около 80 %) выявлена в пределах Северо-Американского региона. В европейском регионе установлено 7 % месторождений, в азиатском, включая бассейны Западной Сибири и Персидского залива — 6,7 %. Резкое преобладание количества открытых месторождений в Северной Америке не является свидетельством какой-либо его геологической уникальности. Это только показатель уровня его изученности. Косвенным образом указанные данные свидетельствуют о возможности открытия еще многих месторождений в других малоизученных регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Карта нефтегазоносности мира и объяснительная записка к ней* / Редакторы: В.И.Высоцкий, Е.Н.Исаев, К.А.Клещев и др. — М., 1994.
2. *Ресурсы нефти и газа капиталистических и развивающихся стран* / Под ред. В.В.Семеновича // Тр. ВНИИзарубежгеологии. 1976. Вып. 30.
3. *Ресурсы нефти и газа капиталистических и развивающихся стран* / Под ред. В.И.Высоцкого, Н.А.Калинина, Ю.Я.Кузнецова, М.Ш.Моделевского // Труды ВНИИзарубежгеологии. 1977. Вып. 34.
4. *Кадастр зарубежных стран, обладающих природными ресурсами нефти и газа* / Под ред. Н.А.Калинина // Труды ВНИИзарубежгеологии. 1983. Вып. 40, 41.
5. *Bally A.W. and Snelson S. Realms of Subsidence geologic Basins I. Classification, Modeling, and Predictive stratigraphy.* Compiled by Norman H.Foster and Edward A.Beaumont. AAPG, 1987.
6. *Klemme H.Douglas. Types of petroliferous basins geologic Basins I. Classification, Modeling, and Predictive stratigraphy.* Compiled by Norman H.Foster and Edward A.Beaumont.
7. *Future Petroleum Provinces of the World.* Edited by Michel T.Halbouty. AAPG, Memoir 40, 1987.
8. *Masters Ch., Attanasi K., Root D. World Resources of Crude Oil and Natural Gas.* — Preprint of the 13th World Petroleum Congress, Buenos Aires, 1991.
9. *Masters Ch., Attanasi K., Root D. World Petroleum Assessment and Analysis.* — Preprint Proceedings of the 14th World Petroleum Congress, Stavenger, 1994.
10. *World Petroleum Trends, 1993,* Petroconsultants, London.

УДК 553.98

© Ю.Г.Наместников, В.И.Высоцкий, 1996

Особенности геодинамического развития и нефтегазоносности материков Гондваны

Ю.Г.НАМЕСТИКОВ, В.И.ВЫСОЦКИЙ

Гипотетичный континент Гондвана, судя по геолого-геофизическим данным, существовал в южном полушарии на протяжении палеозоя, а возможно и ранее, и частично в мезозое [5—7]. Вначале он представлял собой самостоятельный гигантский континент, а затем вошел в качестве составной части в суперконтинент Пангея. В состав Гондваны входили значительные площади современных материков — Южной Америки, Африки, Азии (Аравия, Индостан), Австралии и Антарктиды. Последовавший затем распад Гондваны, дрейф ее обломков, коллизия некоторых из них с Лавразией предопределили общие и индивидуальные черты геологического строения современных материков и крупных глыб, ранее входивших в состав Гондваны.

В длительной и разнообразной истории геологического развития материков Гондваны могут быть выделены три основных этапа. Первый — палеозойский (возможно допалеозойский) — частично мезозойский: единое платформенное развитие в составе континента Гондвана. Второй — мезозойско-кайнозойский для одних материков (Южная Америка, Антарктида, Австралия) и мезозойско-раннекайнозойский для других (Африка, Аравия, Индостан): дрейф материков, формирование пассивных и активных континентальных окраин; начало формирования альпийского оро-

генного пояса Анд с предгорным прогибом. Третий этап позднекайнозойский: коллизия вследствие столкновения одних материков (Африка, Аравия, Индостан) с континентом Лавразия; других (Южная Америка) — с островной дугой Карибской плиты и субдукция океанической Тихоокеанской плиты под континентальную окраину (Южная Америка), образование альпийского орогенного пояса и предгорного прогиба.

Многоэтапная геодинамическая история оказалась не только на общности и индивидуальности геологического строения, но и на сходстве и различии нефтегазового потенциала материков, ранее слагающих Гондвану. На первом этапе Гондвана в геологическом отношении являлась обширной докембрийской платформой, в отдельных местах обрамленной орогенными поясами каледонского и герцинского возрастов. В палеогеоморфологическом плане это была суша с редкими, изолированными мелководными бассейнами, несколько шире развитыми в Австралии. В водоемах формировались терригенно-карбонатные породы континентального и частично морского генезиса. При этом морские бассейны были расположены главным образом по периферии Гондваны — в районе Анд, Южной Америки, севера Африки, Тасмании, Австралии, частично Аравии и Индостана. В девонское и каменноу-

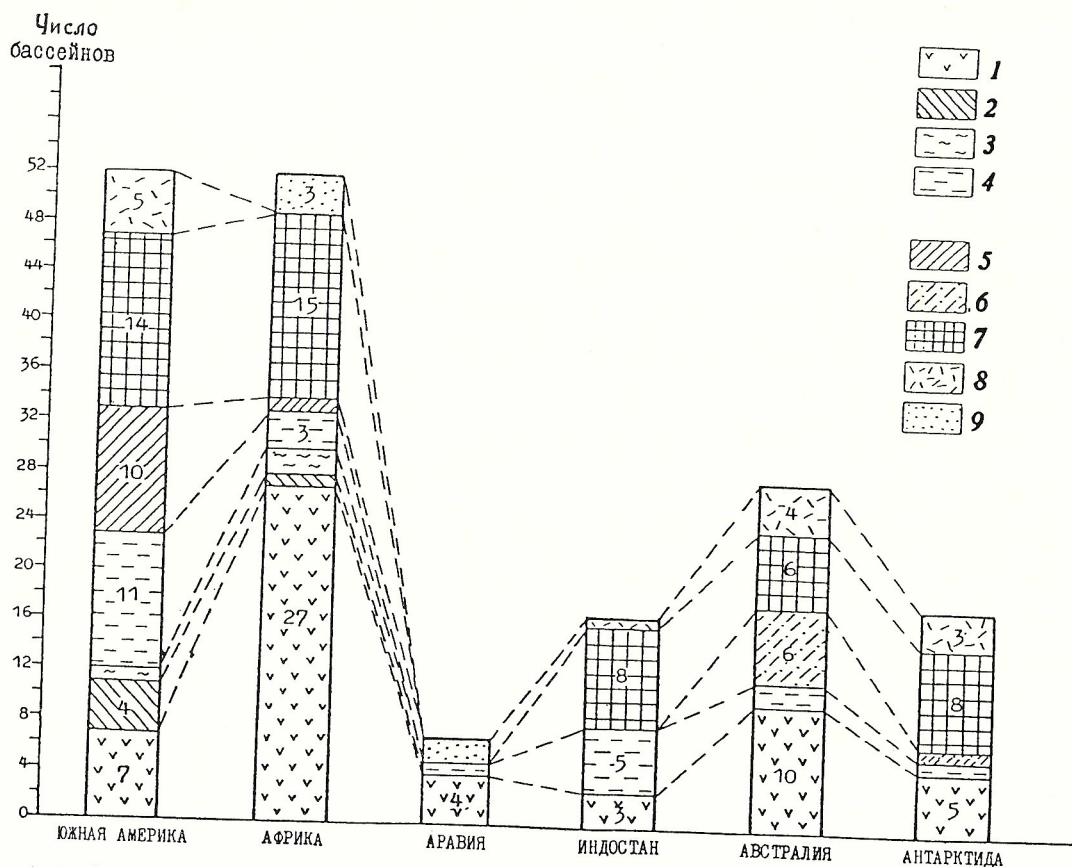


Рис. 1. Нефтегазоносные бассейны материков и крупных глыб Гондваны:

типы бассейнов: 1 — платформенные кратонные, 2 — платформенные кратогенные, 3 — постплатформенные орогенных поясов, 4 — платформенно-складчатые орогенных поясов; внутрискладчатые бассейны: 5 — альпийские, 6 — палеозойско-мезозойские, 7 — пассивных континентальных окраин, 8 — активных континентальных окраин, 9 — междуплитные; цифры на рисунке — число бассейнов конкретного типа

гольное время западное побережье Гондваны в районе Анд, вероятно, имело облик активной континентальной окраины.

Осадконакопление в докембрии и палеозое происходило преимущественно в зонах умеренного и холодного климата [1, 10]. В результате в разрезе осадочного чехла накопились породы материкового и горного оледенения, которое отмечалось в докембрийском, кембрийском, ордовикском и особенно обширно во второй половине каменноугольного периода. Более благоприятные климатические условия существовали в северной части Южной Америки, в Африке, Аравии и практически на всей Австралии (особенно для пород нижнего палеозоя), т.к. они располагались ближе к экватору. Пермский период в целом характеризовался потеплением климата. Это способствовало накоплению в разрезе осадочного чехла угленосных отложений.

Преобладающий континентальный режим палеозойского периода, преимущественно холодные и умеренные климатические условия, неширокое распространение осадочных бассейнов определили в целом, за исключением северных районов, неблагоприятные показатели нефтегазоносности. Нефтематеринские толщи с невысоким, кроме пермских отложений генерационным потенциалом, коллектор-

ские отложения и покрышки имели незначительное распространение. Это предопределяет, с нашей точки зрения, сравнительно невысокий нефтегазовый потенциал нижне-среднепалеозойских отложений значительной части материков Гондваны.

На втором этапе за счет дивергентных движений произошел распад Пангеи, в т.ч. и Гондваны на отдельные материки и крупные глыбы. Расчленение Гондваны началось примерно с середины триасового периода. Произошли крупные трансконтинентальные расколы меридионального и субширотного простираний. На их месте впоследствии возникли молодые океаны — Атлантический и Индийский. В меловое время Гондвана перестала существовать как единое целое.

Все материки и крупные глыбы бывшей Пангеи и ее составной части Гондваны в течение мезозоя и частично раннего кайнозоя испытывали дрейф. Наиболее характерным для них в этот период являлось широкое образование пассивных континентальных окраин. Практически повсеместно вдоль них на шельфе, континентальном склоне и его подножии шло интенсивное формирование значительных по мощности и широко распространенных осадочных толщ, в т.ч. связанных с выносом огромных масс

1. Возраст продуктивных горизонтов материков и крупных глыб Гондваны

Возраст продуктивных горизонтов	Южная Америка	Африка	Аравия	Индостан	Австралия	Антарктида
Четвертичные						
Неоген						
Палеоген						
Мел						
Юра						
Триас						
Пермь						
Карбон						
Девон						
Силур						
Ордовик						
Кембрий						
Докембрий						

дельтовых отложений в местах развития палеорек. Как правило, эти толщи отличаются присутствием хороших нефтематеринских пород, коллекторов и покрышек. По всей вероятности, пассивные континентальные окраины на значительном протяжении характеризовались благоприятными показателями нефтегазоносности.

В Южной Америке, Антарктиде и Австралии вследствие субдукционных процессов формировались активные континентальные окраины, где происходили интенсивное платинообразование и формирование горноскладчатого сооружения андийского типа [2]. В целом второй этап развития материков Гондваны отличался накоплением отложений с более благоприятными нефтегазовыми показателями по сравнению с палеозойским. Отдельные материки (Южная Америка, Австралия, Антарктида) в позднем кайнозое продолжали дрейф со стороны Атлантического и Индийского океанов. Здесь на пассивных континентальных окраинах продолжалось формирование значительных осадочных толщ.

На третьем этапе, начиная примерно с олигоцена, отличительной чертой отдельных материков Гондваны явилось проявление процессов коллизии: континент (Аравия, Индостан, частично Африка) — континент (Лавразия) и континент (Южная Америка) — дуга (островная дуга Карибской плиты). Эта специфическая особенность благоприятно сказалась на нефтегазоносности северных частей Аравии, Северной Африки и Индостана, а также Южной Америки (Карибские Анды). Образовались альпийские орогенные пояса с межгорными впадинами и краевыми прогибами, в которых накапливались значительные толщи молассы в основном морского генезиса.

В кайнозое на западе Южной Америки вследствие сжатия края материка в связи с субдукционными движениями продолжалось формирование орогенного пояса Анд с предгорным прогибом. В прогибе накапливалась моласса большой мощности в основном континентального генезиса.

Из-за специфической истории геодинамического развития в пределах материков Гондваны получили распространение нефтегазоносные бассейны определенных типов. Всего на материках Гондваны (Южная Америка, Африка, Аравия, Индостан, Австралия, Антарктида) расположено 196 бассейнов, в 84 из них выявлены залежи нефти и газа (в Антарктиде нефтегазопоисковые работы не проводились). Типизация бассейнов материков Гондваны осуществлена на основе классификации бассейнов, использованной при составлении Карты нефтегазоносности мира м-ба 1:15 000 000 [3, 9]. Классификация нефтегазоносных бассейнов разработана с учетом основных положений концепции тектоники плит и использована при типизации бассейнов мира.

В соответствии с принятой классификацией в пределах материков Гондваны выделены восемь типов бассейнов (рис. 1). Преобладающими и повсеместно присутствующими являются бассейны трех типов: платформенные кратонные (57, или 27%), пассивных континентальных окраин (51, или 25%) и платформенно-складчатые орогенные пояса, связанные с предгорными альпийскими прогибами (25, или 12%).

На многих материках развиты внутрискладчатые бассейны, приуроченные к межгорным впадинам. Как правило, они выделяются в пределах палеозойских орогенных поясов. Лишь в Южной Америке почти все

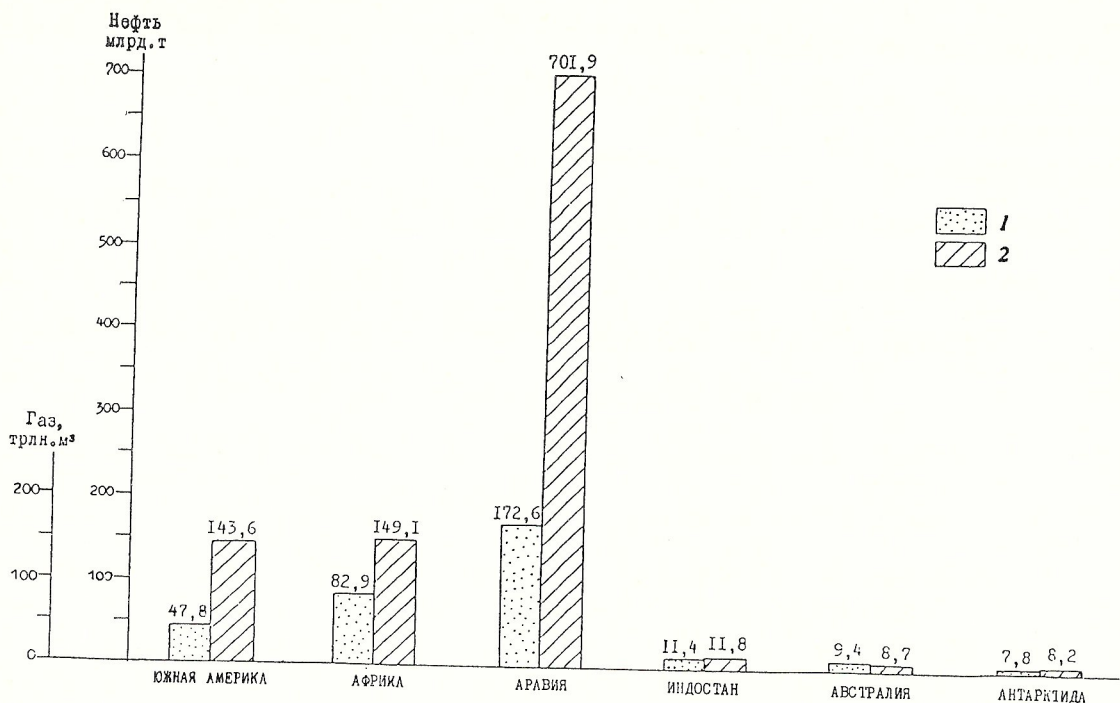


Рис. 2. Начальные геологические ресурсы нефти и газа материков и крупных глыб Гондваны:

1 — газ; 2 — нефть

они, кроме бассейна Альтиплано, расположены в альпийском орогенном поясе. Специфические бассейны активных континентальных окраин присущи только Южной Америке и Антарктиде. Не типичны для материков Гондваны бассейны, связанные с молодыми платформами и постплатформенной орогенцией (те и другие развиты исключительно в Южной Америке и Африке).

Продуктивные горизонты с залежами углеводородов установлены во всем разрезе осадочного чехла всех материков Гондваны, кроме Антарктиды (табл. 1). Выделены три этажа нефтегазоносности, как правило, изо-

лированные и редко совмещенные по площади. Повсеместно залежи нефти и газа присутствуют в верхнем палеоген-неогеновом и среднем юрско-меловом этажах. Триасовые отложения продуктивны очень широко, залежи в них не установлены только в Индостане. Нижний палеозойский этаж промышленно продуктивен не на всех материках и не по всему разрезу осадочного чехла. Наиболее полный стратиграфический диапазон в нем установлен в Африке, значительно менее полный — в Южной Америке, Аравии и Австралии.

Нефтегазовый потенциал материков

2. Распределение начальных геологических ресурсов нефти на материках и крупных глыбах Гондваны по типам бассейнов, млрд. т

Нефтегазоносные бассейны	Южная Америка	Африка	Аравия	Индостан	Австралия	Антарктида
Платформенные кратонные	8	21,2	1,3	2,5	3,1	2
Платформенные кратонные	2,5	0,1	—	—	—	—
Платформенные орогенных поясов	0,1	0,3	—	—	—	—
Платформенно-складчатые орогенных поясов	57,6	0,5	700,1	2,9	0,3	2
Внутрискладчатые орогенных поясов	39,6	0,01	—	—	1	0,2
Континентальных пассивных окраин	30,9	120,3	—	5,9	3,8	3,5
Континентальных активных окраин	5	—	—	0,4	0,5	0,5
Междуплитные	—	6,6	0,5	—	—	—
Всего	143,6	149,1	701,9	11,8	8,7	8,2

3. Распределение начальных геологических ресурсов газа на материках и крупных глыбах Гондваны по типам бассейнов, трлн. м³

Нефтегазовосные бассейны	Южная Америка	Африка	Аравия	Индостан	Австралия	Антарктида
Платформенные кратонные	3,8	20,8	0,7	1,3	3,5	1
Платформенные кратогенные	0,4	0,3	—	—	—	—
Платформенные орогенных поясов	0,07	0,4	—	—	—	—
Платформенно-складчатые орогенных поясов	18	0,3	169,3	6,4	0,3	2
Внутрискладчатые орогенных поясов	3,9	0,03	—	—	0,7	1
Континентальных пассивных окраин	19,9	60	—	3,2	3,9	3
Континентальных активных окраин	1,8	—	—	0,6	0,9	0,8
Междуплитные	—	1	2,6	—	—	—
Всего	47,8	82,9	172,6	11,4	9,4	7,8

Гондваны оценивался различными исследователями по-разному, с широким диапазоном показателей [4, 8]. Во ВНИИзарубежгеологии на протяжении 30 лет проводится изучение геологического строения и нефтегазовосности всех бассейнов земного шара. Накоплен и систематизирован огромный геолого-геофизический материал. Подробно изучаются тектоническое строение, разрез осадочного чехла, литофациальные условия осадконакопления, нефтегазоматеринские толщи, коллекторские и экраняющие породы, закономерности размещения месторождений нефти и газа. На основе этих геологических и статистических данных по месторождениям периодически проводится подсчет начальных и извлекаемых ресурсов и запасов нефти и газа по всем бассейнам мира, включая глубоководные акватории.

В соответствии с последним подсчетом (на 01.01.95), начальные геологические ресурсы материков Гондваны оцениваются в 1023 млрд. т нефти и 332 трлн. м³ газа. Наибольшими ресурсами углеводородов характеризуется Аравия (рис. 2). В ее пределах сосредоточено 173 трлн. м³ газа и 702 млрд. т нефти. Средними ресурсами располагает Южная Америка и Африка (соответственно 143,6 и 149,1 млрд. т нефти; 47,8 и 82,9 трлн. м³ газа). Пониженными геологическими ресурсами отличаются Индостан (11,8 млрд. т нефти; 11,4 трлн. м³ газа), Австралия (8,7 млрд. т нефти; 9,4 трлн. м³ газа): Антарктида (8,2 млрд. т нефти; 7,8 трлн. м³ газа).

Основные геологические ресурсы нефти и газа связаны с мезозойско-кайнозойскими отложениями. Палеозойские породы содержат значительно меньше ресурсы. Наибольшие начальные геологические ресурсы нефти и газа почти на всех материках Гондваны, кроме Австралии и Африки связаны

с альпийскими предгорными прогибами (платформенно-складчатый тип бассейна). Так, в Аравии они составляют 700,1 млрд. т нефти и 169,3 трлн. м³ газа; в Южной Америке — 57,6 млрд. т нефти и 18 трлн. м³ газа (табл. 2, 3).

На отдельных материках значительное количество начальных ресурсов сосредоточено в бассейнах континентальных пассивных окраин. В Африке начальные геологические ресурсы нефти составляют 120,3 млрд. т, газа — 60 трлн. м³; в Южной Америке соответственно 30,9 млрд. т и 20 трлн. м³. Основные начальные геологические ресурсы нефти и газа приурочены на большинстве материков Гондваны, за исключением Австралии, к кайнозойским и мезозойским отложениям. Например, в Южной Америке ресурсы нефти и газа в кайнозое составляют соответственно 67 и 59 %, в мезозое — 26 и 26 %, в палеозое — 7 и 1 %. В Африке к кайнозойским отложениям приурочено 24 % нефти и 21 % газа, к мезозойским — соответственно 69 и 62 %, к палеозойским — 7 и 17 %. В Аравии 75 % ресурсов жидких углеводородов и растворенного газа сосредоточено в мезозойских отложениях. Иная ситуация в Австралии, где в кайнозое расположено 9 % начальных ресурсов углеводородов, в мезозое — 47 %, в палеозое — 39 %, докембрии — 5 %. Преобладающая часть ресурсов (70 %) свободного газа приходится на палеозой в Аравии и только 30 % на кайнозой.

Таким образом, в распределении начальных геологических ресурсов нефти и газа материков Гондваны намечены некоторые закономерности. Они обусловлены во многом сходством и различием их геологического развития в фанерозое.

1. Кайнозойские отложения располагают небольшими ресурсами нефти и газа на

материках, испытавших коллизию с другими континентами или процессами субдукции с литосферными океаническими плитами. Ресурсы связаны, как правило, с платформенно-складчатыми бассейнами, где основным элементом является предгорный краевой прогиб.

2. Мезозойские отложения имеют повышенные ресурсы нефти и газа на материках, испытавших дрейф. Ресурсы нефти и газа обычно сосредоточены на континентальных пассивных окраинах.

3. Палеозойские отложения располагают в основном относительно пониженными ресурсами нефти и газа почти на всех материках Гондваны, за исключением Австралии. Эти отложения накопились в условиях единого палеоконтинента с неблагоприятными, как правило, условиями нефтегазообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гондвана*. Палеотектонические карты с объяснительной запиской / Под ред. Н.А.Божко, В.Е.Хаина. — М.: Центр геология, 1987.

2. *Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И.* Палеогеодинамика. — М.: Наука, 1993.
3. *Карта нефтегазоносности Мира* (масштаб 1:15 000 000) с объяснительной запиской / Под ред. В.И.Высоцкого, Е.Н.Исаева, К.А.Клещева и др. — М., 1994.
4. *Несмеянов Д.В., Высоцкий В.И.* Месторождения нефти и газа развивающихся стран. — М.: Изд-во УДН, 1988.
5. *Ронов А.Б., Хаин В.Е., Сеславинский Н.Б.* Атлас литолого-палеогеографических карт Мира. Поздний докембрий и палеозой континентов. — Л.: ВСЕГЕИ, 1984.
6. *Ронов А.Б., Хаин В.Е., Балуховский А.Н.* Атлас литолого-палеогеографических карт Мира. Мезозой и кайнозой континентов и океанов. — Л.: ВСЕГЕИ, 1989.
7. *Gondwana and Tethys*. Edited by M.G. Audley-Charles and A.Hallam. Published for the geological Society by Oxford University Press, 1988, N 37.
8. *Masters C.D. et al.* World Petroleum Assessment and Analysis. Preprint Proceedings of the 14-th World Petroleum Congress, Stavanger, 1994.
9. *Petroleum basins of South America*. Edited by A.J.Tankard, R.Suarez Soruco, H.J.Welsink. AAPG Memoir 62, 1995.
10. *Potter P.E., Franca A.B., Spencer C.W. et al.* Petroleum in glacially-related sandstones of Gondwana: a review journal of Petroleum Geology. Vol. 18(4), October 1995.

Рудное и нерудное минеральное сырье

УДК 553.4

© Е.М.Некрасов, 1996

Главные геолого-структурные типы и особенности крупных эндогенных месторождений золота

Е.М.НЕКРАСОВ

Типы и структура крупных и крупнейших золоторудных месторождений эндогенного класса рассматриваются главным образом на примере зарубежных объектов, аналогичных по основным особенностям и чертам естественным месторождениям.

Статистическая обработка установленных в мире к началу 1995 г. более 100 крупных месторождений золота (каждое с суммарными запасами металла более 100 т, включая извлечение) показала, что на 92 % их руды и золото приурочены к трещинным нарушениям различного типа. На остальной части объектов руды вкрапленные и заключены в телах взрывных брекчий и вулканических жерл, в мелких интрузивных штоках и изредка в углеродсодержащих сланцах и некоторых карбонатных породах, нарушенных рудовмещающими разрывами. Последние «затушеваны» и фиксируются в мощных залежах вкрапленных руд полосами метасоматитов, насыщенных вкрапленностью, мелкими прожилками, амёбовидными гнездами и даже маломощными жилами существенно сульфидного состава, трассирующими трещинные каналы поднимающихся золотоносных растворов (например,

Ладолай и Поргера в Папуа—Новой Гвинее, Ла-Койпа и Рефугио в Чили, Кори-Колло в Боливии, Раунд-Маунтин, Голд-Кворри, Мегги, Голдстрайк и др. в США, Кемфло в Канаде, Васильковское в Казахстане, Высоковольное в Узбекистане, Сухоложское, Зун-Холбинское и др. в России и т.д.).

Статистический анализ подтвердил, что крупные объекты не обладают особой, специфической структурой. Почти все они принадлежат к известным пяти важным геолого-промышленным типам эндогенного класса [2] и лишь отдельные — к типам, имеющим второстепенное промышленное значение. В месторождениях важных геолого-промышленных типов крупные запасы золота определяются крупным масштабом рудовмещающих элементов трещинной структуры (называвшихся в свое время В.М.Крейтером структурными или трещинными ловушками) и только в единичных случаях обуславливаются высокими содержаниями золота в сравнительно умеренных массах руды (например, в канадском месторождении Эскей-Крик, чилийском — Эль-Индио или японском — Хишикари).

В структурном отношении все крупные

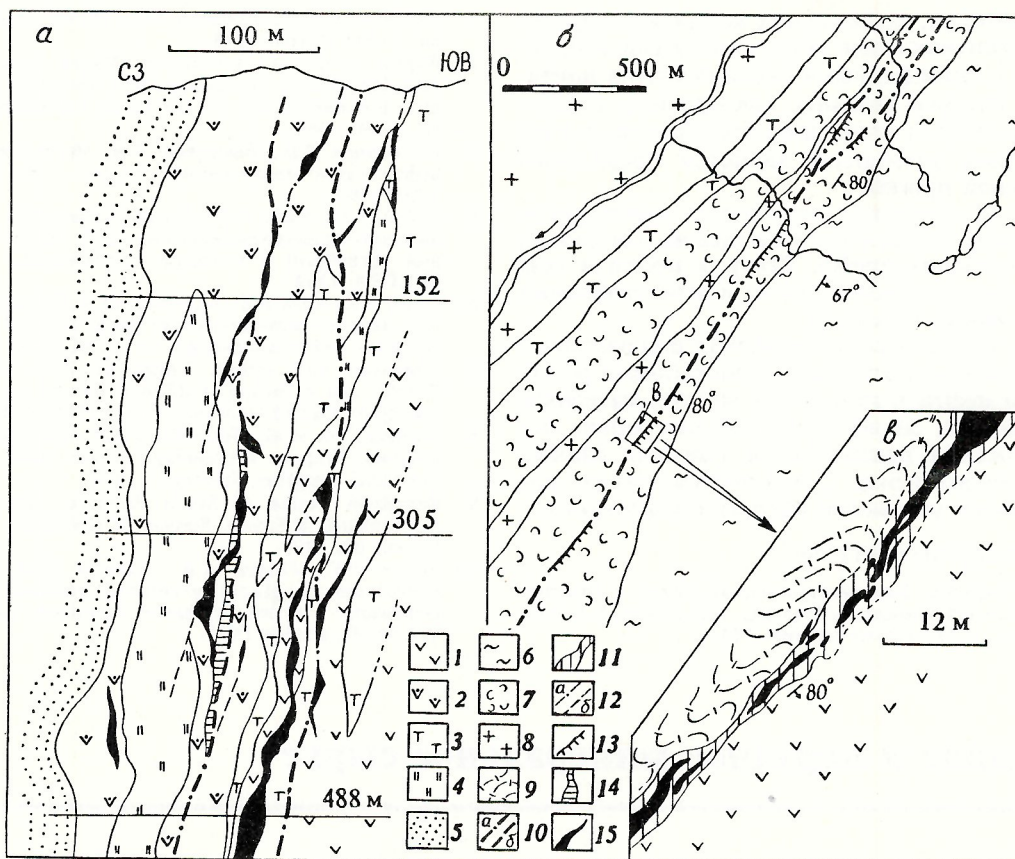


Рис. 1. Месторождения в зонах разломов:

a — разрез через крупнейшее месторождение Кёрр-Эдисон, по Дж.У.Бейкеру и др.; *б* — схема маломасштабного месторождения Виндоугласс-Хилл; *в* — план разведанного участка того же месторождения, по Д.Г.К.Вилтону и Д.Ф.Стронгу [14]; генерализовано автором; 1 — рассланцеванные вулканы основного и среднего составов; 2 — то же, интенсивно карбонатизированные; 3 — туфы, туфобрекчии; 4 — тальковые и тальк-хлоритовые сланцы; 5 — граувакки; 6 — гнейсы; 7 — игнимбриты, зеленые сланцы, вулканокластические конгломераты, песчаники; 8 — граниты; 9 — рассланцеванные и перемятые графитизированные сланцы; 10 — разломы (*a* — прослеженные, *б* — предполагаемые); 11 — тектонический шов, выполненный глиной трения; 12 — мелкие разрывы (*a* — прослеженные, *б* — предполагаемые); 13 — участки золоторудной минерализации; 14 — зона дробления, залеченная ранним кварцем; 15 — золоторудные тела

месторождения можно разделить на шесть типов, приуроченных: к зонам одиночных или к зонам нескольких субпараллельных рудоносных разломов различного типа (включая зоны рассланцевания); к протяженным и широким системам многочисленных, сменяющих друг друга рудоносных трещин-кулисы; к сериям протяженных и сближенных рудоносных разрывов (одного, редко двух направлений); к пересекающимся пучкам оруденелых трещин; к небольшим магматическим телам эксплозивных и эруптивных брекчий, телам вулканических жерл, дайковых серий и малых интрузивных штоков, нарушенных на большом протяжении и (или) на глубину пучками рудоносных трещин; к сериям и узлам пересечения пучков трещин, осложняющим тектонически деформированные контактовые зоны гранитоидных (и гранито-гнейсовых) массивов.

Месторождения, связанные с рудоносными разломами. Примерами их служат месторождения, локализованные в зонах одиночных разломов — Кёрр-Эдисон (Ка-

нада), Мазер-Лод и Комшток (США), Бакырчик (Казахстан), в мощных и протяженных зонах рассланцевания — Ашанти и Престеа (Гана), Хомстейк (США), Морроу-Велью (Бразилия), Зун-Холба в Бурятии (Россия) и др., а также в немногочисленной серии разломов — Гуанахуато (Мексика). Месторождения размещаются в рассланцеванных породах метабазальт-андезитовых и метаандезитовых формаций, в молодых андезито-риолитовых вулканитах, в грубообломочных породах песчанико-сланцевых и филлитовых формаций. Все месторождения характеризуются протяженными рудными телами, залегающими непосредственно в брекчированной или тонко рассланцеванной мощной зоне одного или нескольких субпараллельных нарушений (рис. 1, *a*). Так, на месторождении Гуанахуато оруденение непрерывно прослеживается на протяжении 5 км в разломе Бета-Мадре, на месторождении Комшток — на расстоянии более 4 км в одноименном разломе. Рудные тела приурочены либо к наиболее приоткрытым и

проницаемым участкам нарушений, либо к их отрезкам, сопровождающимся выдержанными боковыми сколами, также подвергающимися оруденению (Кёрр-Эдисон, Мазер-Лод, Ашанти и др.). В разломе Вета-Мадре непрерывное оруденение наблюдается в звене северо-западного и прерывистое в его отрезке северо-северо-западного направления. Разлом Комшток вмещает сложную ветвящуюся жилу на отрезке северо-северо-восточного простирания. Оруденение прекращается на обоих перегибах флангах этого нарушения, простирающихся субмеридионально.

В некоторых месторождениях оруденение избирательно локализуется в пересекаемых нарушениями горизонтах пород, называемых за рубежом реакционноспособными, которые подвергаются более интенсивному расланцеванию и метасоматическому замещению циркулирующими рудоносными растворами. Подобная обстановка сложилась на месторождениях Морроу-Велью и Хомстейк, где рудовмещающие зоны расланцевания пересекают горизонты слюдистокварц-анкеритовых и куммингтонит-карбонатно-кварцевых сланцев.

По отношению к общей длине рудоносные разломы вмещают промышленные руды на сравнительно небольших отрезках. Особенно это касается разломов Мазер-Лод, Ашанти, Лардер-Лейк (месторождения Кёрр-Эдисон), Бакрычк в Казахстане, имеющих региональное значение. Эти разломы, помимо рудовмещающей, играют региональную рудоконтролирующую роль, определяя размещение на некотором удалении от зоны нарушения основной массы средних и небольших месторождений и рудопроявлений золота. Но и рудоносные разломы меньшей протяженности (Вета-Мадре и Сьерра на рудном поле Гуанахуато, Комшток на участке одноименного месторождения) также выполняют рудоконтролирующую, хотя и локальную, роль. Они определяют (в сочетании с другими геологическими элементами) положение месторождений и рудопроявлений в пределах рудных полей. При этом суммарная протяженность оруденелых отрезков в разломе Вета-Мадре относится к его общей длине как 1:4,5, 1:5, а в разломе Керкленд-Лейк (в пределах одноименного рудного поля) — 1:5,5, 1:6.

Большей частью образованию крупных запасов золота способствует формирование мощных рудных тел или раздувов их в узлах сочленения с разломами пучков боковых оперяющих трещин (например, до 17 м на Ашанти и до 90 м на Гуанахуато), в примыкающих к зонам разломов мелких складках волочения (до 40 м на месторождении Хомстейк), в участках разветвления главного нарушения вверх по восстанию (до 100 м на Комштоке) или в его фланговой области.

Рудные тела представлены массивными жилами плитообразной формы или сложны-

ми ветвящимися жилами с центральной массивной «стволовой» частью и сопутствующими субпараллельными прожилками, редколенто- и трубообразными залежками, а также линейными зонами штокверковых, прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд. Штокверковые и прожилково-вкрапленные руды возникают также на перегибах и в узлах разветвления жил и отделения от них боковых апофиз. Как правило, к таким узлам приурочены раздувы рудных тел.

Почти все крупные месторождения, принадлежащие к описываемому структурному типу, глубокопроникающие. Их оруденение непрерывно прослежено максимально до глубины 2600 м от современной поверхности. На Хомстейке оно, по-видимому, будет подтверждено на глубинах около 3 км. На близповерхностных месторождениях вертикальный размах оруденения сокращается до 900 м (Гуанахуато).

Содержание золота в рудах месторождений варьирует в широком диапазоне — от 35—40 г/т на верхних горизонтах Ашанти и 500 г/т на верхних уровнях Комштока до 2,1—3,5 г/т на месторождении Гуанахуато.

На месторождении Морроу-Велью главное рудное тело непрерывно прослежено по склонению на протяжении почти 5000 м до глубины 2500 м, в то время как в горизонтальных горных выработках его протяженность составляет всего 200—300 м. Крупнейшие запасы золота на этом объекте обусловлены, с одной стороны, очень большой непрерывной протяженностью рудных тел, а с другой — значительной мощностью их раздувов (до 28 м).

Совершенно иная картина наблюдается на мелких и средних месторождениях, залегающих в разломах. Например, месторождение Виндоугласс-Хилл, недавно открытое на юго-западе Ньюфаундленда, залегает в рудовмещающем (и рудоконтролирующем) разломе Кейп-Рей протяженностью более 35 км. Последний прослеживается в однообразных нижнепалеозойских породах — зеленых сланцах, изредка — вдоль граничащих с ними девонских аляскитовых гранитов [4]. В разломе на отрезке длиной 2 км выявлено четыре разобщенных участка золото-сульфидно-кварцевой минерализации, разделенных безрудными интервалами протяженностью от 200 до 500 м (см. рис. 1, б, в). Участки появляются в зоне разлома при незначительном отклонении (на 5—8°) его простирания от среднего северо-восточного в более широтные румбы. Разлом представлен зоной брекчированных, милонитизированных и расланцеванных пород мощностью не менее 50—100 м, заключающей центральный тектонический шов. Это мощная (от 1 до нескольких метров) «лента» вязкой глинки трения, в раздувах которой возникали только непротяженные полости, использовавшиеся минеральным веществом (см. рис. 1, в). Оно размещается на переги-

бах разлома и шва в виде отдельных мелких гнезд, линз и жиллообразных залежей протяженностью от первых до десятков метров при максимальной мощности до 5—6 м. Содержание золота в них составляет 9 г/т при среднем значении для месторождения 5,2 г/т. Запасы металла к концу 1985 г. оценивались в количестве несколько более 4 т.

На участке описываемого золоторудного объекта присутствуют практически все геологические элементы, присущие однотипным месторождениям крупного масштаба, однако, по своим параметрам (особенно по протяженности и мощности) они на один-два порядка ниже по сравнению с таковыми крупномасштабных объектов, причем рудные тела локализируются в наиболее деформированной полосе разлома — в «ленте» тектонической глины трения.

Месторождения, связанные с протяженными системами многочисленных рудоносных разрывов-кулис. В качестве примера можно привести месторождения рудного поля Поркьюпайн (Холлинджер, Мак-Интайр, Кониорэм), Кемпбелл-Ред-Лейк и Дикенсон (все Канада), рудные поля Крипл-Крик и Сентрал-Сити—Айдахо-Спрингс (США), Калгурли (Австралия), Багио (Филиппины), Мурунтау (Узбекистан), Нежданинское, Дукатское и др. (Россия). Почти все эти месторождения и рудные поля отличаются крупнейшими (более 300 т) суммарными запасами золота. Оруденение их локализовано в породах metabазальтовых и metabазальт-андезитовых формаций, в молодых вулканитах диабаз-андезит-дацитовой, андезит-липаритовой и изредка сиенит-латит-фонолитовой формаций, а также в аргиллито-песчаниковых толщах.

Системы многочисленных рудоносных разрывов и приуроченные к ним системы рудных тел пространственно тесно связаны с локальными рудоконтролирующими разломами сравнительно небольшой протяженности. По отношению к ним разрывы, слагающие системы, как правило, в период минерализации играют роль опережающих сколов (рис. 2). При этом рудоконтролирующие разломы располагаются в виде субпараллельных нарушений или структурных «связок», состоящих из «пары» параллельных нарушений (Холлинджер и Мак-Интайр [4], Крипл-Крик [7, 12], а также Дукатское, Багио и др.), или наподобие «веера» расщепляющихся дизъюнктивов (Калгурли [9]). При древнем заложении разломов (и унаследовании ими трещиноватости фундамента геотектонических построек) они выступают в роли «граничных» разломов, отделяющих тектонический блок, вмещающий систему рудоносных разрывов и рудных тел, от соседних безрудных или слаборудоносных (Сентрал-Сити—Айдахо-Спрингс). Во всех случаях ориентировка рудоконтролирующих разломов определяет направление систем рудоносных трещин.

В пределах таких систем выделяются рудо-вмещающие нарушения и рудные тела, занимающие лидирующее положение. Обычно они ориентированы продольно по отношению к системе или под острым углом. Заканчиваясь, трещины и рудные тела-лидеры сменяются новыми аналогичными образованиями. Иногда нарушения-лидеры располагаются в системе закономерно, эшелонированно и сменяют друг друга, «заходя» лево- или правосторонними флангами за затухающий разрыв (например, на месторождении Антамок в рудном поле Багио, отчасти на месторождении Холлинджер [4]). Трещины и рудные тела других направлений, как правило, менее протяженные и служат соединительными, диагонально ориентированными элементами трещинной системы.

На Калгурли [9] в пределах рудоносной системы развились две примерно равнозначные серии лидирующих крутопадающих дизъюнктивов и золотоносных зон сульфидной вкрапленности — Главной (простирание 315—330°) и Второй (300—305°). Трещины и зоны двух других второстепенных направлений характеризуются поперечной ориентировкой и, по-видимому, более ранним заложением. Они неоднократно ограничивают развитие серий рудоносных разрывов и зон-лидеров.

Исходя из графических материалов зарубежных геологов [7, 12], на рудном поле Крипл-Крик можно выделить, по меньшей мере, три протяженные рудоносные системы разрывов и рудных тел: в южной его части — северо-западного и субмеридионального, в западной — северо-восточного направления. Контролируются они структурными «связками» из двух параллельных зон расщепления (так называемыми «парными» разломами локального значения). При этом рудоносные нарушения и жилы-лидеры в пределах первой и второй «связок» (южная часть рудного поля) имеют северо-западное простирание, а в третьей (западная часть) — северо-восточное и меридиональное.

При непрерывной протяженности рудоносных систем до 4 км (Калгурли), 5 км и более (Холлинджер и Мак-Интайр, Сентрал-Сити—Айдахо-Спрингс и др.) рядовые рудные тела прослеживаются на сотни (см. рис. 2), а многие — только на десятки метров. Рудные тела-лидеры обычно немногочисленны, длиной 1000—2000 м.

Обычно рудные тела имеют рядовую мощность, которая изредка возрастает в местах сочленения разрывов второстепенных направлений с трещинами-лидерами или в участках перегибов последних до 20—25 м (Багио, Холлинджер и др.). Протяженность на глубину каждого рудного тела сопоставима с его длиной и измеряется обычно сотнями метров. Однако в разрезе системы одно заканчивающееся золоторудное тело многократно сменяется с глубиной другими, приуроченными к субпараллельным нарушениям-кулисам. В результате в целом верти-

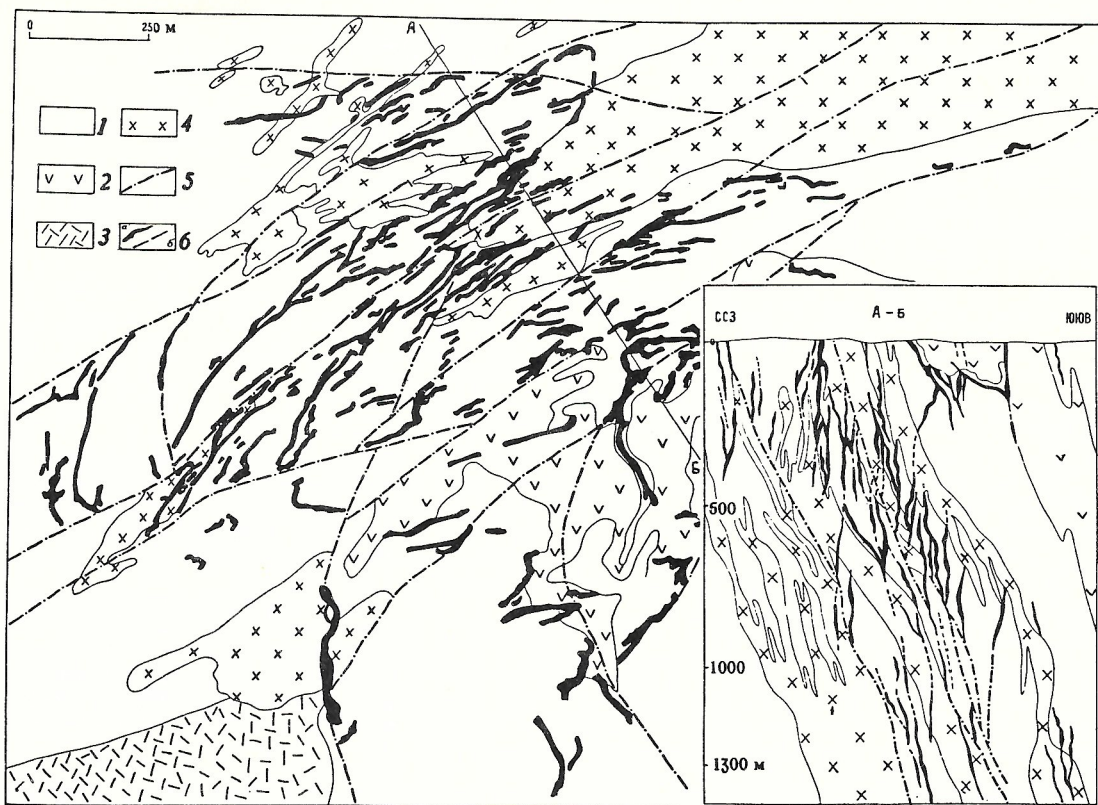


Рис. 2. Схема строения и разрез по линии А—Б крупнейшего месторождения Холлинджер, по материалам В.А.Джойнса, Г.Д.Фарса, Р.Мэсона и др., А.Т.Гриффиса, Р.В.Бойля:

1 — андезиты, коматитовые базальты и их туфобрекчии; 2 — диабазы и базальты; 3 — агломераты и туфобрекчии фельзитов и риолитов; 4 — субвулканические кварц-полевошпатовые порфиры; 5 — локальные рудоконтролирующие разломы; 6 — золотоносные прожилковые зоны и жилы (а — прослеженные, промышленные, б — предполагаемые и бедных руд)

кальный размах оруденения достигает 2400 м для глубокосформированных (Холлинджер) и более 1000 м для близповерхностных месторождений (Крипл-Крик).

Таким образом, в условиях резкого преобладания в протяженных системах рядовых рудных тел крупнейшие запасы золота обеспечиваются, с одной стороны, их большим количеством (до 300 — на Калгурли, более 200 — на Холлинджере, Багио, Дукатском и других месторождениях и рудных полях), а с другой — значительным вертикальным размахом оруденения.

Месторождения в сериях протяженных близких разрывов. К этому типу принадлежит наиболее многочисленная группа рудных объектов. В Канаде к нему относятся Пеймор, Йеллоунайф, Доум, в США — месторождения рудного поля Силвертон-Теллурид (Саннисайд, Кемп-Бёрд, Идарадо), Голдфилд, Карлин, Голдстрайк, в Мексике — Пачука, Эль-Оро и Окампо, в Центральной и Южной Америке — Пуэбло-Вьехо и Эль-Индио, в Европе — Салсинь, в Африке — Кем-Мотор, Лега-Демби, в Индии — Колар, в Японии — Кономаи, Кукино, Хишикари, в Австралии — Норсмен, на островах Новой Зеландии и Океании — Уайхи и Эмперер. В России представителем

данного типа может служить Родионовское месторождение.

Проявлены они в метавулканиках базальтовых, андезитовых и андезит-дацитовых формаций, в молодых вулканиках базальтовой, андезитовой, андезит- и дацит-риолитовой, кварц-латитовой формаций, в терригенных породах — конгломерат-песчаного и алевролитового состава, в филлитах, углисто-глинистых и туфогенно-глинистых сланцах, в породах карбонатных формаций.

В пределах некоторых рудных полей линейного типа серии протяженных рудоносных разрывов выполняют роль боковых трещин, оперяющих локальные рудоконтролирующие разломы. На месторождениях, пространственно связанных с вулкано-тектоническими постройками, серии рудоносных дизъюнктивов большой протяженности иногда занимают положение радиальных «закальдерных» трещин (например, в рудном поле Силвертон-Теллурид). Глубокие части некоторых разломов могли служить рудоподводящими каналами.

Как правило, оруденение связано с одной линейно вытянутой серией рудоносных разрывов большой протяженности (более 1,5—2 км). За редким исключением дизъюнктивы в серии обладают сходной ориентировкой

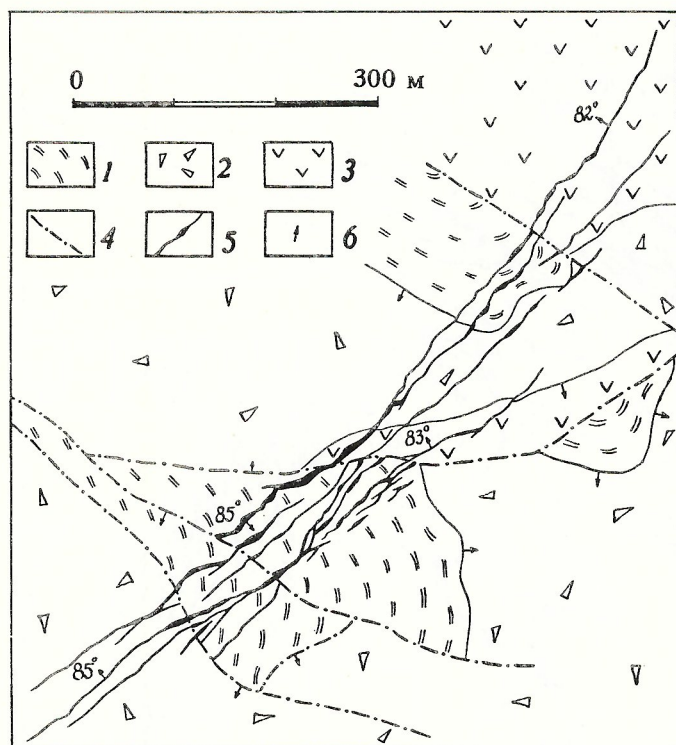


Рис. 3. Схема строения крупного месторождения Хишикари, по материалам Ихиро Абэ и др., 1986 и Metal Mining Agency of Japan and Sumitomo Metal Mining Co., Ltd, 1987:

1 — верхнемеловые глинистые сланцы и песчаники; 2 — плейстоценовые туфы андезитодацитов; 3 — плейстоценовые андезиты; 4 — дорудные разрывы; 5 — жилы кварц-золото-серебряных руд; 6 — направление падения пород, разрывов и жил

(рис. 3). Они настолько «подавляют» трещины других направлений, что обычно не сопровождаются боковыми жилами-апофизами. Серии же коленчато-изогнутых нарушений и приуроченные к ним рудные тела, наследующие два—три направления ранних трещин, сопровождаются отделяющимися от перегибов мелкими пучками боковых сколов и апофиз. Нередко они играют роль соединительных диагональных трещин для соседних нарушений и рудных тел лидирующего простирания (например, на Пачуке — Реаль-дель-Монте [8] и Эль-Индио [6], на Дукатском и Тасеевском месторождениях в России, а также Уайхи, Кусикино, Кономаи и др.).

Редки месторождения, в пределах которых устанавливается серия протяженных рудоносных разрывов пологого падения (Карлин, Голдфилд, Эмперор). В частности, благодаря широкому развитию метасоматитов (в т.ч. в «послезолотое» время), трещинные каналы пологого падения в карбонатных породах месторождения Карлин почти полностью затухивают ими [11].

Практически единичны рудные поля, в пределах которых выявлены две пересекающиеся серии протяженных рудоносных трещинных нарушений, вытягивающихся на многие километры (например, на Пачуке — Реаль-дель-Монте [8]).

Протяженность серии рудоносных дизъюнктивов изменяется в довольно широких пределах, чаще составляя 2—3 км. Но нередко они непрерывно прослеживаются на 10—15 км (например, на Коларе, Норсмене, Пачуке, Кономаи). В свою очередь, этот параметр определяет и большую длину рудных образований.

Так, обычны рудные тела, вытягивающиеся на 1—2,5 км, максимально — на 6 и даже 8 км (жила Марарао, Норсмен, жильная зона Чемпион, Колар и др.). Преимущественно они представлены массивными жилами плитообразной формы, а также ветвящимися или коленчато-перегибающимися сложными жилами с массивной «стволовой» частью и полосами примыкающих прожилков. Мощность жильных образований рядовая, в пределах первых метров. В местах массового отделения апофиз (обычно на коленчатых перегибах жил) руды приобретают штокверковое строение, а мощность таких участков возрастает до 10—20 м, в единичных случаях — до 70 м (жила Сан-Рафаэль, отработанное месторождение Эль-Оро, Мексика). Наряду с жильными телами выявлены залежи и зоны прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд (метасоматитов, содержащих вкрапленность сульфидов). Мощность последних значительная, иногда на порядок больше (до 25—30 м на Лега-Демби и даже до 180 м на Пуэбло-Вьехо [13]). Известны также мощные скопления прожилково-вкрапленных руд в прослоях карбонатных пород (Салсинь), в хрупких конгломератах (Пеймор), в трещиноватых дайках андезитовых порфиритов (до 70 м на месторождении Эмперор), пересеченных рудоносными разрывами.

Для описываемого структурного типа глубокосформированных месторождений установлен максимальный известный в мире вертикальный размах эндогенного оруденения, по-видимому, 3,5 км на Коларе. Преимущественно он составляет 1—1,5 км. Для близповерхностных рудных полей и место-

рождений этот параметр уменьшается до 700—900 м.

Месторождения, связанные с пересекающимися пучками рудоносных трещин. Типоморфные представители последних — месторождения рудного поля Теннант-Крик в Австралии. Здесь в монотонной песчаниково-сланцевой толще проявлены вытягивающиеся в широтном направлении цепочки столбообразных и изометрических рудных залежей. Расположены они во внутренних частях еще более значительных по размеру штокоподобных тел гематита и магнетита [1]. Поперечные размеры последних нередко превышают 100 м. Метасоматически образовавшиеся скопления оксидов железа, заключающих реликты песчаника, представляют собой тектоническую брекчию, которая сцементирована сетью золотоносных прожилков висмутин-халькопирит-кварцевого состава. Гематит-магнетитовые тела сформировались в узлах пересечения узких пучков трещин субширотного и северо-восточного простирания. Мощности локализованных в них золоторудных тел колеблются от нескольких метров до нескольких десятков метров. Содержание золота очень высокое. В 1972 г. оно составляло 76,5 г/т и, хотя в последнее время существенно снизилось, этот параметр, наряду с большими мощностью рудных залежей и протяженностью их по простиранию, обеспечивает крупный масштаб оруденения.

Аналогичная структурная обстановка наблюдается на участке месторождения Поргера в Папуа-Новая Гвинея [5]. Оруденение здесь локализуется в изгибе тектонической поверхности всякого бока рудоконтролирующего разлома Ромейн в основном в алевrolитах и углисто-глинистых сланцах. В них развились пересекающиеся пучки рудоносных трещин трех направлений — северо-восточного, субширотного и северо-северо-западного. Главное тело штокообразной формы сложено преимущественно вкрапленными сульфидными (существенно пиритовыми) рудами. Оно вытянуто на северо-восток вдоль трещин первого пучка, пересекающихся субширотными разрывами, почти на 1 км. На юго-западном фланге месторождения мощность рудного штока резко возрастает почти до 650 м. Это обусловлено проявлением обильной вкрапленности золотосодержащих сульфидов в узле пересечения развившегося здесь пучка трещин северо-северо-западного простирания с нарушениями двух других направлений. Глубокими скважинами рудное тело вскрыто в 600 м ниже современной поверхности и не оконтурено на глубину.

Месторождения, пространственно связанные с малыми магматическими штоками и дайками сравнительно хрупких пород, а также телами эксплозивных брекчий и вулканических жерл. К данному типу относится небольшая группа объектов в Канаде

— Кёркленд-Лейк, Сигма-Ламак, Брелорн-Пайонир, Кемфло, Аляска-Тредвел. На этих месторождениях рудоносные разрывы и рудные тела развиты в штоках и дайках габброидных и гранитоидных пород, кварц-полевошпатовых и альбитовых порфириров. Они заключены среди относительно пластичных рассланцеванных вулканитов и вулкано-терригенных пород, преобразованных в зеленые сланцы. Наиболее крупное из перечисленных месторождение Кёркленд-Лейк приурочено к разлому и сопутствующим разрывам, протягивающимся в дайкообразном штоке щелочных габбро в продольном направлении. На обоих фланговых выклиниваниях штока разлом разветвляется на веер нарушений. Как его главная зона на протяжении 5 км в штоке, так и фланговые ветви, проникающие в вулканиты, вмещают золото-сульфидно-кварцевые жилы мощностью не более нескольких метров. Однако в узлах разветвления жил возникают скопления кварцевых метасоматитов и появляется штокверковая сеть прожилков. Мощность таких рудных образований возрастает до 15—30 м. Крупнейшие запасы золота на месторождении обеспечиваются не только выдержанностью главной жилы и мощными раздувами в ней, но и развитием оруденения до глубины 2200 м от современной поверхности при рядовых содержаниях золота 10—15,5 г/т.

На других месторождениях развиты рудоносные разрывы, характеризующиеся рядовыми параметрами. Как правило, они проявлены в виде пучков сколов, сопряженных с развитыми на рудных полях рудоконтролирующими дизъюнктивами. Сколы не всегда сочленяются с последними, а разломы не сопровождаются оруденением. Подобная обстановка наблюдается на участках месторождений Сигма-Ламак и Брелорн-Пайонир. Первое представлено серией одинаково ориентированных сколов и жил лестничного типа, локализованных в малых штоках гранитоидов или примыкающих к контактам даек кварцевых и кварц-полевошпатовых порфириров, слагающих узкий пояс. Рудоносные сколы выступают в качестве разрывов, опережающих разлом Хайгвей (рис. 4). В большинстве случаев лестничные жилы закономерно располагаются в штоках на расстоянии, равном 2/3 поперечника заключающего их магматического тела. В некоторых участках штоков эта закономерность нарушается из-за разветвления жил вверх по восстанию [3] или в связи с проявлением разрывов и жил с противоположным направлением падения. Очевидно, последние использовали вторую, подчиненную, систему сопряженных сколов. В результате «шаг» между лестничными жилами-лидерами возрастает вдвое (см. рис. 4).

Протяженность жил определяется поперечным сечением заключающих их удлиненных штоков. Подмечено, что жильные

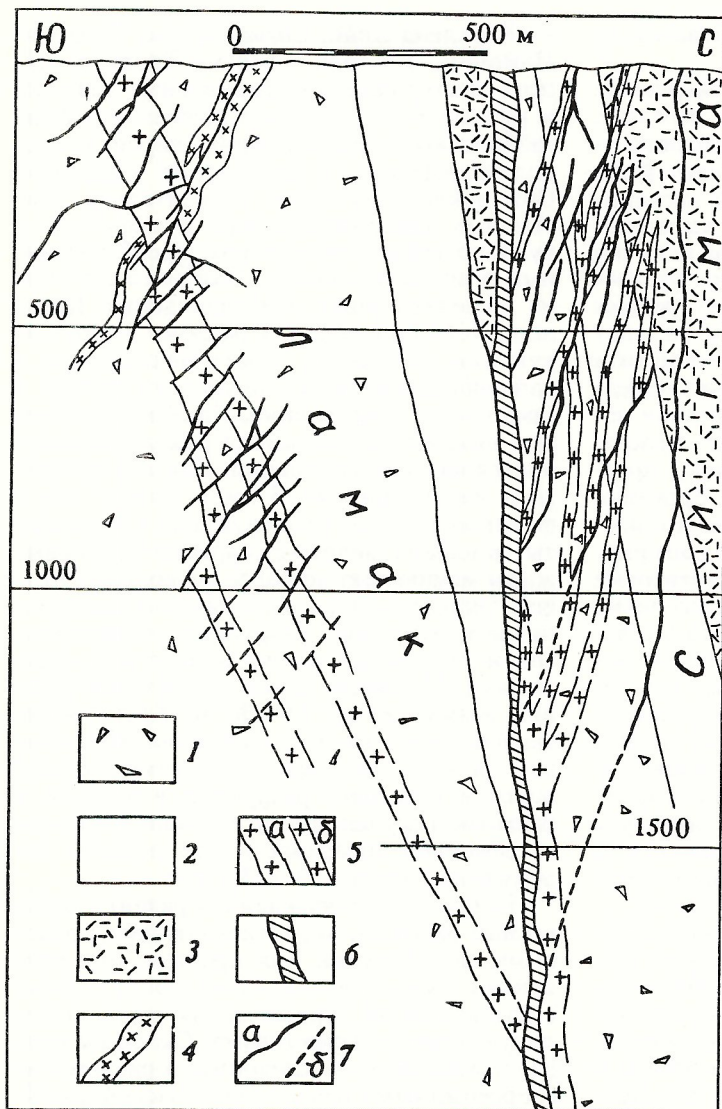


Рис. 4. Разрез крупнейшего золоторудного поля Сигма-Ламак, по материалам Г.С. Вильсона, А.К. Фитцджеральда и др., Р. Франко, В.К. Келли:

1 — лапиллиевые туфы и подчиненные агломераты андезитов; 2 — андезиты; 3 — ортофиры; 4 — субвулканические дайки кварц-полевошпатовых и кварцевых порфиров; 5 — гранодиориты, кварцевые диориты (а — прослеженные, б — предполагаемые); 6 — зона разлома Хайгвей; 7 — золоторудные сульфидно-турмалин-кварцевые жилы (а — прослеженные, б — бедных руд и предполагаемые)

тела прослеживаются от одного контакта штока до другого только в том случае, если сечение штока не превышает 600—800 м. При проникновении рудных тел на небольшое расстояние за пределы штоков мощность их уменьшается от первых метров (максимально — до 7 м) до долей метра. Содержание золота в жилах рядовое (3,5 — 20 г/т, последнее значение — в рудных столбах). При названных рядовых параметрах крупные запасы благородного металла обеспечиваются последовательной сменой одной жилы другой на большом вертикальном интервале — до глубины 1,5—2 км от поверхности.

Другие представители рассматриваемого типа — Кемфло и Аляска-Тредвел — отличаются своеобразием. Представлены неправильными амebo-, штоко- и линзообразными вкрапленными руд сульфидного состава. Они заключены в малых штоках монзонитов или в эндоконтактных зонах раздувов даек кварц-полевошпатовых и альбитовых порфиров. Внутри скоплений вкрапленных руд

наблюдаются узкие линейные зоны, насыщенные сульфидами, которые «трассируют» трещинные рудоподводящие каналы. Крупные запасы золота обусловлены большими мощностями вкрапленных залежей (до 40—60 м) и развитием руд до глубины 1800—2000 м (Кемфло).

Типичными примерами оруденелых жерловых тел, нередко осложненных контактовыми линзами и трубками взрывных или эруптивных брекчий, служат разведанные в последнее время золото-серебро-порфировые месторождения Невадийского пояса США — Раунд-Маунтин, Миске и др., Кори-Колло в Боливии, отработанное золото-порфировое месторождение вкрапленных руд Маунт-Морган в Австралии, а также крупнейшие золото-серебряные месторождения в Папуа-Новой Гвинее — Поргера и Ладолай (о-в Лихир).

В структурном отношении все эти месторождения объединяет нарушенность жерловых субвулканических и брекчиевых взрывных тел пучками разветвляющихся и пе-

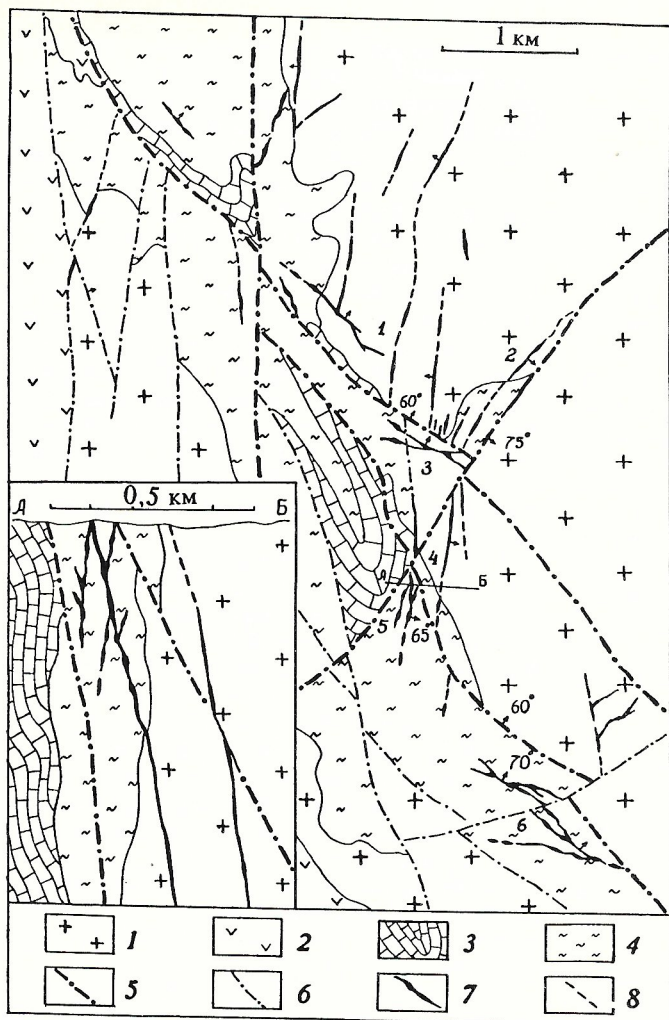


Рис. 5. Схема рудного поля Глоб-Феникс и разрез по линии А—Б через рудоносные участки Феникс и Джуну, по К.В.Стоузу, с некоторыми изменениями:

1 — древние гранитогнейсы и гранодиориты; 2 — метаандезитобазальты и коматиитовые базальты с прослоями железистых кварцитов; 3 — мраморы и мраморизованные известняки, подчиненные магнезиальные и тальковые сланцы; 4 — серпентиниты; 5 — рудоконтролирующие зоны расланцевания локального типа; 6 — прочие разрывы; 7 — жильные золоторудные тела; 8 — слабо золотоносные фланги рудных тел; рудоносные участки: 1 — Примроуз-Скелетен, 2 — Мэри-Дрим, 3 — Глоб, 4 — Феникс, 5 — Джуну, 6 — Гейка

ресекающихся оруденелых трещинных нарушений [10]. Трещинные пучки при этом сопровождаются широкими зонами прожилков, штокверковой сетью их, вкрапленностью золотосодержащих рудных минералов, редкими гнездами и маломощными жилами. Именно последние нередко фиксируют разрывы лидирующего направления, определяющие ориентировку трещинных пучков и вытянутость рудных тел большой мощности. В совокупности минерализация, оконтуриваемая обычно по низким бортовым значениям золота (около 1 г/т и менее), образует штокообразные тела шириной до 200—400 м. Они протягиваются на глубину от нескольких до многих сотен метров.

Месторождения, связанные с пучками рудоносных трещин, осложняющими тектонически деформированные контактовые зоны гранитоидных (гранито-гнейсовых) массивов. Это месторождения Грасс-Валли (США), Глоб-Феникс (Зимбабве), Чартерс-Тауэрс (Австралия), Чармитанское (Узбекистан) и др. Пучки сближенных не протяженных и часто ветвящихся разрывов, вмещающих золоторудные тела, как правило, располагаются вдоль локальных рудоконтролирующих разломов, осложняющих

контакты гранитоидных или гранито-гнейсовых массивов. Последние граничат обычно с более пластичными серпентинитами, расланцеванными ультрамафическими породами и различными сланцами, включая их углеродсодержащие разновидности, изредка — с расланцеванными порфирами. В подобной обстановке контактовые зоны сопровождаются пучками рудных тел чаще жильной формы (рис. 5). Среди последних преобладают массивные плитообразные жилы, местами ветвящиеся на флангах и вверх по восстанию. При рядовой протяженности большинства жильных тел в плане (сотни метров) они прослеживаются вблизи контактовых зон и в их пределах на глубину более 1 км. На фоне рядовых своими параметрами обычно выделяются две—четыре ведущие жилы-лидеры, например Эмпайр и Мэриленд в Грасс-Валли, Феникс, Глоб и Гейка в Глоб-Фениксе и т.д. Такие жилы проникают на максимально установленные глубины — до 1,7—2 км от современной поверхности (см. рис. 5). Большой вертикальный размах оруденения и развитие нескольких пучков рудных тел вдоль нарушенных контактовых зон массивов обеспечивают крупные запасы золота. Мощность

даже ведущих жил обычно не превышает нескольких метров.

В заключение можно отметить следующее.

1. Анализ и обобщение геолого-структурного материала более 100 крупных золоторудных месторождений эндогенного класса показывают, что все они принадлежат к шести структурным типам. Это месторождения, приуроченные: к рудоносным разломам; к протяженным и широким рудоносным системам многочисленных разрывов-кулис, сменяющих друг друга в плане и разрезе; к сериям протяженных разрывных нарушений одного направления; к пересекающимся пучкам оруденелых трещин; к малым жерловым телам и телам эксплозивных брекчий, даек и интрузивных штоков, нарушенных пучками рудоносных разрывов; к контактовым зонам гранитоидных (гранито-гнейсовых) массивов, тектонически деформированных пучками рудовмещающих трещинных нарушений.

2. Крупные золоторудные месторождения отличаются от однотипных мелких следующим:

развитием масштабных рудовмещающих нарушений трех типов (рудоносных разломов, оруденелых на большом протяжении; протяженных и широких систем многочисленных рудоносных разрывов-кулис; пучков выдержанных разрывов, вмещающих золоторудные тела, прослеживающиеся на большое расстояние);

выдержанностью строения и морфологии рудоносных нарушений при переходе их из одной рудовмещающей среды в другую;

скоплением основной массы руд в пределах одного компактного участка (сосредоточенный тип оруденения);

преимущественно большим вертикальным размахом оруденения, превышающим 1—1,5 км для глубокосформированных и составляющим 0,7—0,9 км для близповерхностных месторождений;

незначительным изменением минерального состава руд с глубиной (отсутствие минеральной зональности).

3. Масштабность рудовмещающих трещинных структур и в связи с этим масштабность оруденения обуславливаются ранним заложением и длительным дорудным периодом их последующего развития (длительным периодом их дорудной подготовки). Это фиксируется:

нередкой приуроченностью к рудовмещающим дизъюнктивам трещинных субвулканических тел вулкано-тектонических построек, штоков и даек интрузивных пород, а также использованием нарушениями контактовых поверхностей различных геологических образований;

унаследованностью рудовмещающими нарушениями ранней трещиноватости нескольких направлений, определяющей сложную морфологию нарушений;

сложным внутренним строением зон мощных рудовмещающих нарушений, в которых образуются тектонические глинистые швы, брекчированные и расланцеванные в различной степени полосы, линзы и блоки пород, отделяющие их друг от друга, а также более поздние пересекающие разновременные разрывы, проявляющиеся только внутри зон;

проявлением либо систем трещинных нарушений сложного строения, состоящих из разновозрастных (по заложению), а иногда и разнотипных рудовмещающих разрывов нескольких направлений, либо протяженных серий, пучков субпараллельных дизъюнктивов, оперяющихся боковыми и соединяющимися диагональными трещинами двух—трех направлений, сформированных одновременно и позднее главных рудовмещающих нарушений.

4. Крупные запасы золота обеспечивают для месторождений рассмотренных структурных типов сочетанием:

большой непрерывной (или почти непрерывной) протяженности золоторудных тел (обычно более 1—1,5 км) и распространением их на глубину 1 км и более на глубокосформированных и не менее 0,7 км — на близповерхностных месторождениях;

большого количества рудных тел рядового масштаба и вертикального размаха оруденения, превышающего 1—1,5 км;

выдержанных рудных тел в протяженных разрывах трещинных пучков или в серии и очень высоких содержаниях золота в рудах (десятки граммов на одну тонну);

единичных (или нескольких), но очень мощных (многие десятки — первые сотни метров) золоторудных тел линзо-, трубо- и штокообразной формы с рядовым содержанием золота и распространением их на глубину в сотни метров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лардж Р. Месторождение золота Джуно-Майн //Полезные ископаемые Австралии и Папуа-Новой Гвинеи. М., 1980. Т. 1.
2. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. — М.: Недра, 1988.
3. Barr D.A. Gold in the Canadian Cordillera //CIM Bul. 1980. Vol. 73. № 818.
4. Burrows D.R., Spooner E.T.C., Wood P.C., Jemielita R.A. Structural controls of formation of the Hollinger — McIntyre Au quartz vein system in the Hollinger shear zone, Timmins, Southern Abitibi greenstone belt, Ontario //Econ. Geology. 1993. Vol. 88. № 6.
5. Fleming A.W., Hanley G.A., Williams K.L. a.o. The Porgera gold deposit, Papua New Guinea // Econ. Geology. 1986. Vol. 81. № 3.
6. Jannas R.R., Beane R.E., Ahler B.A. a. o. Gold and copper mineralization at the El Indio deposit, Chile // J.Geochem. Explor. 1990. Vol. 36. № 1—3.
7. Jebrak M. Les gisements d'or du Colorado. Un essai de presentation geodynamique //Chton. rech. miniere. 1986. Vol. 54. № 484.
8. McKee E.H., Dreler J.E., Noble D.C. Early miocene Hydrothermal activity at Pachuca — Real del Monte, Mexico: an example of space-time association of volcanism and epithermal Ag-Au vein mineralization // Econ. Geology. 1992. Vol. 87. № 6.
9. Muller A.G., Harris L.B., Lungan A. Structural control of greenstone-hosted gold mineralization by transcurrent shearing: A new interpretation of the

Kalgoorlie mining district, Western Australia // *Ore Geol. Rev.* 1988. Vol. 3. № 4.

10. Sander M.V., Einaudi M.T. Epithermal deposition of gold during transition from propylitic to potassic alteration at Round Mountain, Nevada // *Econ. Geology*. 1990. Vol. 85. № 2.
11. Roberts R.J. The Carlin story // *Rept. nev. Bur. mines and geol.* 1986. № 40.
12. Thompson T.B., Trippl A.D., Dwelley P.C. Mineralized veins and breccias of the Cripple Creek

district, Colorado // *Econ. Geology*. 1985. Vol. 80. № 6.

13. Vennemann T.W., Muntean J.L., Kesler S.E. a.o. Stable isotope evidence for magmatic fluids in the Pueblo Viejo epithermal acid sulfate Au-Ag deposit, Dominican Republic // *Econ. Geology*. 1993. Vol. 88. № 1.
14. Wilton D.H.C., Strong D.F. Granite-related gold mineralization in the Cape Ray fault zone of South-Western Newfoundland // *Econ. Geology*. 1986. Vol. 81. № 2.

УДК 550.82

© Н.П.Пискорский, 1996

Особенности финансирования и методики геологоразведочных работ на золото в зарубежных странах

Н.П.ПИСКОРСКИЙ

Период с начала 1990 г. характеризуется некоторыми особенностями в проведение ГРР как в количественном, так и в качественном отношении, что заметно отличается от тенденций, характерных для бурного расцвета ГРР в 1980-х гг. После «золотого бума» объемы проведения ГРР на твердые полезные ископаемые в зарубежных странах с 1990 г. начали снижаться. Наименьший уровень ГРР зафиксирован в 1992 г. — 1700 млн. долл., что на 5,3 % ниже, чем в 1991 г. С 1993 г. началась активизация ГРР, ассигнования на которые увеличились до 1900 млн. долл. Наиболее высокий уровень ГРР оставался в США, Канаде и Австралии. На долю перечисленных стран по-прежнему приходилась основная часть ассигнований — 51,1 %. Наиболее высокие темпы роста ГРР отмечались в странах Латинской Америки, Европы и Африки (без ЮАР). Так, в странах Латинской Америки затраты на ГРР в 1993 г. возросли на 28,9 % относительно уровня 1992 г.

Среди общего объема ассигнований на ГРР на твердые полезные ископаемые по-прежнему основную часть в 1993 г. занимали работы, направленные на изучение месторождений золота — 48 %. Однако за последние четыре — пять лет доля затрат на поиски и разведку золота в общей структуре ассигнований на твердые полезные ископаемые заметно снизилась — с 68 до 48 %. При этом достаточно резко возросли ассигнования на изучение месторождений цветных металлов (прежде всего — меди) — с 18 % в 1989 г. до 36 % в 1993 г. Таким образом, общее снижение интенсивности ГРР в зарубежных странах за последние несколько лет определяется, прежде всего, количественным падением интереса к поискам и разведке месторождений золота. Основными факторами, повлиявшими на снижение ассигнований на золото, являются:

общее снижение уровня цен на золото на международном рынке в 1992—1993 гг.;

в ведущих золотодобывающих странах за

последние годы произошли изменения, оказавшие негативное влияние на разведку и разработку золоторудных месторождений. Это связано с причинами как геолого-экономического, так и законодательного порядка. Так, в США за последние пять лет произошло значительное истощение запасов окисленных руд некоторых крупных месторождений в связи с интенсивной разработкой; началась разработка упорных первичных руд, требующих больших затрат. Подобная картина сложилась в Австралии. Таким образом, в США и Австралии фонд легкооткрываемых месторождений с супергенным золотом (включая латеритные и остаточные залежи) значительно исчерпан.

Негативное влияние на поиски и разведку месторождений золота в ведущих золотодобывающих странах (США, Австралия, Канада) оказали меры законодательного порядка, что снизило активность инвесторов, вкладывающих средства в золоторудные месторождения. Значительно снизилась роль небольших юниорных компаний, сокративших объемы своих работ. Так, в Канаде доля этих компаний в общих затратах на ГРР снизилась с 50 % в 1988 г. до 17 % в 1991—1992 гг.

С другой стороны, правительства некоторых стран стали активно привлекать иностранные инвестиции путем формирования благоприятного климата. Это, в первую очередь, касается стран Латинской Америки — Аргентины, Мексики, Чили, Перу, Эквадора, Гайаны, Венесуэлы. В результате, наряду со стабилизацией политического климата произошло привлечение капитала ведущих горнодобывающих компаний западных стран в эти регионы. За последние несколько лет в латиноамериканских странах ежегодный рост ГРР составлял в среднем 28—29 %. Горнодобывающие компании Австралии и других стран усилили свою активность в Индонезии и Папуа-Новой Гвинее.

Таким образом, в начале 1990-х гг. закон-

1. Суммарный ВВП, объемы горного производства, капиталовложения в горную промышленность и затраты на ГРР на твердые полезные ископаемые в зарубежных странах в 1992 г.

Континенты и страны	Суммарный ВВП, млрд. долл.	Объем горного производства, млрд. долл.	Доля суммарного ВВП, %	Капиталовложения в горную промышленность			Затраты на ГРР		
				млрд. долл.	Доля ВВП, %	Доля объема производства, %	млрд. долл.	Доля объема производства, %	Доля капиталовложений, %
Всего	20 013	177,1	0,9	38,02	0,2	21,5	1,70	1	4,5
Европа	6 518	40,8	0,7	0,95	0,1	2,3	0,086	0,2	9,1
Азия	5 702	20	0,4	6,12	0,1	30,5	0,102	0,5	1,7
Африка	158	21,9	13,9	6,62	4,2	30,2	0,240	1,1	3,6
Северная Америка	6 646	46,4	0,7	7,41	0,1	16	0,666	1,4	9
Южная Америка	651	21,3	3,3	10,68	1,6	50,1	0,256	1,2	2,4
Австралия	—	26,7	7,9	—	—	—	—	—	—
Океания	338	—	—	6,27	1,9	23,5	0,350	1,3	5,6
Золото									
1992 г.	—	20,2	0,1	5,97	0,03	29,6	0,884	4,4	14,8
1991 г.	—	20,55	—	5,36	—	26,1	1,006	4,9	18,8
1990 г.	—	21,28	—	8,52	—	40	1,30	6,1	15,3

чился период, в течение которого значительную роль в ГРР играли *юниорные* компании, ориентировавшиеся на изучение и освоение небольших, высококачественных и легкодоступных для освоения месторождений золота. В настоящее время на первый план выдвигаются крупные геологоразведочные и горнодобывающие компании, способные осуществлять более долговременные и дорогие разведочные программы. Основной же их целью становятся крупномасштабные месторождения прожилково-вкрапленных руд с невысокими, как правило, содержаниями золота и значительным развитием окисленных руд. Освоение данных объектов с использованием современных технологий позволяет добиваться низкой себестоимости добычи и переработки руд и получения стабильного регулярного дохода в течение длительного периода.

Общая тенденция в финансировании ГРР в зарубежных странах — увеличение затрат крупных горнодобывающих компаний и финансовых групп на фоне общего снижения ассигнований на ГРР. Так, за последние два года ежегодный разведочный бюджет известных горнодобывающих корпораций составил (в млн. долл.): Rio Tinto Zink Group Corp. — 209, Anglo-American Corp. — 208; Noranda Group — 118, MIM Holdings — 103, Placer Dome — 68, Newmont Mining — 62, Western Mining — 56, Inco Ltd. — 42.

Для изучения геолого-промышленных типов золоторудных и золотосодержащих месторождений нами была проанализирована выборка из более 50 разведочных проектов, запасы которых превышают 50 % общих запасов разведываемых месторождений. В результате наиболее приоритетные в настоящее время золото-медно-порфиновые месторождения — 56 % общих запасов разведываемых месторождений, на втором месте — золоторудные объекты с прожилково-вкрапленными рудами «порфиривого» типа, на третьем — золото-серебряные эпитеpmальные месторождения.

Среднемировые удельные затраты на выявление и разведку 1 г золота составляют 1,12 долл. Наиболее высокая себестоимость разведки золота характерна для Канады — 2,09 долл. Это связано с тем, что основная часть месторождений требует подземной разведки. В Австралии и США себестоимость разведки значительно ниже — в среднем 1 — 1,5 долл. (0,25 — 1,7 долл.).

Для оценки значения ГРР в горнодобывающей промышленности зарубежных стран нами были оценены взаимосвязи между объемами ассигнований на ГРР, объемами горного производства, инвестициями в горную промышленность на фоне суммарного внутреннего продукта — ВВП (табл. 1). В среднем за 1989—1992 гг. доля ассигнований на ГРР на золото в общем объеме его производства составила 5,4 %. При этом доля затрат на ГРР в объеме инвестиций в золотодобывающую промышленность зарубежных стран составила 15,7 %. Анализ соотношения затрат на ГРР на золото и капиталовложений в промышленность за 1982—1988 гг. показывает, что доля ассигнований на ГРР была существенно выше — в среднем около 21,9 %. Таким образом, в период «золотого бума» 1980-х гг. на 1 долл., затраченный на ГРР, приходилось около 4,6 долл. инвестиций в золотодобычу, что и предопределило ее динамичное развитие в настоящее время.

Изучение темпов роста ассигнований на ГРР на золото в 1982—1992 гг. и их взаимосвязи с темпами роста запасов, производства и потребления золота позволяет выявить определенные закономерности. Так, темпы роста запасов золота в численном выражении занимают ровно промежуточное положение между темпами роста производства и потребления золота. При этом темпы роста запасов в среднем превышают таковые производства на 20 %, что почти точно соответствует потерям золота при добыче и переработке. В свою очередь, темпы роста ассигнований на ГРР также занимают ровно

промежуточное положение между темпами роста запасов и потребления золота, опережая первые на 8—10 % (табл. 2).

Приведенные материалы свидетельствуют о важном значении ГРР золотодобывающей промышленности зарубежных стран. В настоящее время частные компании, на долю которых приходится 80—90 % общих ассигнований на ГРР, считают геологоразведочные работы одной из важнейших составляющих частей горнодобывающей промышленности.

Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых в зарубежных странах на 80—95 % осуществляются за счет инвестиций частного сектора. Общегосударственная экспертиза и апробация разведанных запасов месторождений полезных ископаемых в большинстве стран не проводятся. Вследствие этого отсутствует и какая-либо регламентирующая документация по поводу требований к качеству поисковых и разведочных работ. Вместе с тем, многолетний опыт проведения геологоразведочных работ, формирование огромных транснациональных корпораций, действующих в сфере ГРР и добычи минерального сырья, высокая степень риска капиталовложений в разработку месторождений привели и приводят к определенному кумулятивному опыту логики исследования минеральных ресурсов и формированию закономерных последовательностей в проведении ГРР.

Прежде чем перейти к характеристике конкретных поисковых и разведочных проектов, необходимо охарактеризовать сложившиеся в мировой практике стадии ГРР: поисковая или исследовательская (prospecting or reconnaissance study) — проводится на площадях от сотен до десятков тысяч квадратных километров. Включает комплекс геологических, геохимических и геофизических работ, направленных на выявление перспективных аномалий или геологически благоприятных структур, позволяющих ожидать наличие месторождения;

поисково-разведочная (exploration study) — проводится на площадях с уже выявленными ресурсами. Существенный момент, характеризующий данную стадию, — позиция компании-оператора в отношении выявленных ресурсов. В данном случае опера-

2. Темпы роста и среднегодовой прирост запасов, производства, потребления золота и ассигнований на ГРР в развитых капиталистических странах за 1982—1992 гг.

Показатель	Темпы роста, %	Среднегодовой прирост, %
Запасы (с учетом накопленной добычи)	184,7	6,3
Производство	153,3	4,4
Потребление	220,8	8,2
Затраты на ГРР*	220	7,2

* Графическая оценка.

тор по тем или иным причинам направляет свои усилия главным образом на изучение фланговых частей выявленных ресурсов или глобальных горизонтов;

оконтуривания (delineation study), существенное отличие которой от предыдущей — концентрация усилий разведки на изучение уже выявленных ресурсов;

геолого-экономическая оценка целесообразности освоения ресурсов или запасов (feasibility study) — здесь основные усилия направлены на оценку экономической значимости установленных ресурсов или запасов и определения необходимых дальнейших действий для того, чтобы это привело к коммерчески успешному проекту освоения;

подготовительная (development study) — следует сразу после принятия решения о производстве; включает оформление необходимой разрешающей документации; работы, связанные с созданием инфраструктуры, и непосредственно начальное строительство необходимых сооружений;

предпроизводственная (preproduction study) — охватывает специфический период от запуска рудника или обогатительной фабрики в полупромышленном масштабе до выхода на производственную мощность.

Поисково-съёмочные и поисковые стадии. На этапе, когда месторождение еще не выявлено, геологоразведочные и горнодобывающие компании широко используют результаты региональных работ, проводимых геологическими службами. Когда изученность тех или иных территорий явно недостаточна, работы проводятся самостоятельно. Ниже будет охарактеризована последовательность проведения работ в ведущих горнодобывающих странах, таких как Канада, Франция, Япония, а также последовательность работ, принятая в ООН.

Типичная последовательность поисковых и разведочных работ на территории Канады заключается в последовательном осуществлении пяти стадий или более. Работы начинаются с выбора благоприятной по геологическим или иным соображениям территории. Стандартный размер площади обычно составляет около 510 км². После этого проводят комплекс геофизических работ в аэроварианте (электромагнитная съемка) для локализации площадей. Затем на локализованных площадях осуществляется комплекс наземных исследований (на участке, приобретенном компанией). Комплекс работ включает рекогносцировочные геологические исследования, площадную геологическую, геофизическую и геохимическую съемки. Задача работ на данной стадии — выбор цели под постановку буровых работ. За этим следует первая стадия — бурение нескольких скважин. В случае положительных результатов — выявления минерализации — около 95 % площади участка отбраковывается. После завершения работ по открытию рудопроявления, на 5 % площади

участка проводится несколько фаз или стадий поискового (exploratory) или разведочного (delineation) бурения в зависимости от получаемых результатов.

Во Франции одной из ведущих организаций, проводящих ширококомасштабные геологоразведочные работы во многих регионах мира, является государственная компания BRGM. Типичную схему последовательности проведения работ можно рассмотреть на примере одной из поисковых программ, направленных на изучение золоторудных месторождений в Габоне. Здесь в пределах выбранного района площадью около 58 500 км² были проведены региональные поиски, включающие геохимические по потокам рассеяния (3 пробы на 1 км²) и шлихогеохимическую съемку (0,5—1 кг на 1 км²). После интерпретации результатов около 90 % первоначальной площади было отбраковано, а на выбранных 10 % проведена регулярная съемка по потокам рассеяния (5—10 проб на 1 км²) с последующей геохимической съемкой по почвам. В случаях отчетливых признаков минерализации проводилась регулярная геохимическая съемка с опробованием почв по сети 50x100 или 50x200 м. Пробы отбирались с глубин 20—40 см. На анализ была отправлена фракция почв размерностью 125 мкм (атомно-абсорбционный анализ). На данной стадии проводят заверочные работы с использованием шнекового и кернового бурения. В результате оконтуривают и интерпретируют почвенные геохимические аномалии с выделением перспективных участков для дальнейшего изучения (примерно 10 % первоначальной площади в начале работ). Следующая стадия предусматривает изучение выделенных участков (target investigate). При детальном изучении проводят более детальную почвенную геохимическую съемку и программу шнекового бурения для вскрытия коры выветривания до коренных пород или сапролитового слоя. Глубина скважины обычно составляет 5—15 м. Бурение проводят вкрест простирания предполагаемых структур через 5—10 м. Материал из скважин опробуют раздельно по разрезу коры выветривания (от песчано-глинистого слоя до сапролита); средний размер пробы — около 1 м. При интерпретации результатов работ на данной стадии должны быть сформулированы предложения о постановке разведочных работ или их прекращении. Таким образом, общий объем работ по программе опоскования площади 58 500 км² составил:

на стадии региональных поисков — 147 500 геохимических проб по потокам рассеяния и 33 500 шлихогеохимических проб;

на стадиях детальных поисков и дальнейшего изучения выделенных участков — 3 800 геохимических проб по потокам рассеяния; 2320 шлихогеохимических проб; 25 500 проб по почвам; 1860 м шнекового и 925 м кернового бурения.

В Японии за последние годы сложилась последовательность проведения работ, одобренная национальным Агентством горных дел и металлургии. Она представляет собой трехстадийную схему проведения работ от поисков месторождения до его разведки и предполагает определенные соотношения в финансировании ГРП между бюджетной организацией геологического профиля и частной компанией. Первая стадия — поисково-съемочные работы, называемые региональными геофизическими исследованиями (regional geological survey) и проводимые в масштабе 1:10 000 или 1:20 000. Помимо геологической они включают аэрогеофизическую съемку (грави-, магнитометрия). По результатам интерпретации материалов локализуют перспективные площади, связанные с благоприятными структурами. На выбранных площадях проводят детальные геофизическую и геохимическую съемки, по результатам интерпретации которых локализируют аномалии, рекомендуемые под заверочное бурение единичными скважинами. Весь объем данных работ полностью финансируется из государственного бюджета. При положительных результатах бурения на локальной площади изучают выявленные рудопроявления. Эта стадия называется детальной геологической съемкой (detailed geological survey), финансирование которой осуществляется из разных источников. В среднем примерно 67 % средств поступает из госбюджета, 13 % — из бюджета соответствующей префектуры и 20 % — от заинтересованной частной компании. При положительных результатах на данной стадии переходят к разведочным работам, которые полностью финансируют частные компании.

Определенное представление о содержании и качестве работ по стадиям геологоразведочного процесса в зарубежных странах дает последовательность, принятая в ООН в 1983 г. В соответствии с ней данный процесс подразделен на четыре стадии, три из которых отнесены к поисковому этапу, а четвертая — к разведочному. Эти стадии подразделены по фазам финансирования на допроектную деятельность и последующие три фазы финансирования с различной степенью риска. Первая стадия, которой соответствует допроектная фаза финансирования, — работы по компиляции данных предыдущих исследований выбранного района, изучение материалов фотосъемок, геокартирования; рекогносцировочное опоскование и предварительное опробование. Следующая стадия, называемая исследовательской (reconnnaissance), включает дистанционные исследования соответствующего масштаба (в т.ч. аэросъемочные работы), детальное геологическое картирование, геохимическую и геофизическую съемки и на конечном этапе заверку полученных результатов проходкой канав или ограниченным бурением.

ем. Работам этой стадии соответствует первая фаза финансирования с очень высокой степенью риска. По результатам второй стадии предполагается, что перспективный локальный участок, содержащий выявленную минерализацию, будет обнаружен. В этом случае переходят к следующей стадии — детальной оценке (detailed evaluation). Цель работ — оруденение, по масштабу, качеству и технологическим характеристикам потенциально пригодное для извлечения. Комплекс работ на данной стадии предполагает систематическое бурение, возможна проходка шурфов, штолен; исследования по переработке руд вплоть до металлургического пердела.

В случае положительных результатов на стадии детальной оценки принимается решение о переходе к следующему этапу — подготовительному (development), который предполагает проведение еще одной стадии — геолого-экономической оценки ресурсов (feasibility study). В этот период детально изучают выявленные ресурсы по регулярной густой сети наблюдений (скважины или горные выработки), позволяющей полностью охарактеризовать количество и качество ресурсов. Предполагается проведение испытаний по переработке руд в полупромышленном масштабе. Результатом работ являются предложения по возможному варианту освоения месторождения, дизайну рудника. Проводятся исследования по охране окружающей среды, маркетингу, осуществляется пробная добыча.

Характеристика разведочных стадий. Прежде всего, необходимо сразу подчеркнуть, что на практике горнодобывающие компании не следуют общепринятой разведочной схеме стадийности. В некоторых случаях месторождение разведывают в очень короткие сроки, фактически в одну стадию в течение года. Это происходит в периоды благоприятной конъюнктуры рынка и достаточной очевидности геолого-экономической благоприятности освоения того или иного месторождения. Вместе с тем, при изучении крупных месторождений с приграничными в экономическом отношении параметрами и предполагаемыми крупными капиталовложениями, к степени изученности объектов относятся с предельной осторожностью и серьезностью. Поэтому характеризуемые ниже стадии или фазы разведки следует принимать в некотором усредненном смысле вариант, показывающим логику действий компаний. Определение стадий или фаз разведки также не является в терминологическом отношении строгим. Тем не менее разведка месторождения занимает в деятельности горнодобывающих компаний очень важное место. Это можно продемонстрировать на примере соотношения затрат на разведку и капиталовложений в освоение месторождения. Так, для золоторудных месторождений доля затрат на разведку в об-

щих капиталовложениях на их освоение составляет в среднем 14—15 %. В некоторых случаях, когда речь идет о золоторудных объектах со сложным внутренним строением, доля затрат на их изучение может возрастать до 50 %.

В настоящее время основной объект геологоразведочных работ на золото — месторождения, представленные средними и мощными минерализованными зонами прожилково-вкрапленных руд, пригодных для открытой разработки. Их разведывают с помощью бурения. Поэтому ниже приведенный анализ разведочных сетей скважин, используемых в настоящее время, относится преимущественно к разведочным программам на таком типе месторождений. Анализ конкретных разведочных программ показывает, что в большинстве случаев для начальных фаз разведки характерны несколько базовых размеров разведочных сетей — обычно 60x60 или 80x80 м. В последующие периоды разведки происходит дихотомическое деление исходной базовой ячейки разведочной сети.

Обычно первая разведочная стадия — *исследование цели* (target investigate stage). Основная цель разведочных работ на данной стадии — определение масштаба изучаемых рудных зон или тел прослеживанием их развития по латерали и на глубину. Эта фаза разведки наступает обычно сразу после первой буровой программы, состоящей из бурения нескольких скважин, вскрывших руду. На данной стадии поверхность изучается путем проходки траншей и их опробования, а развитие оруденения на глубину определяется с помощью бурения. Обычная сеть скважин на данной стадии (в м): 60x60 (80x80); 60x30 (80x40) или даже 30x30 (40x40). В большинстве случаев (85 %) данная стадия завершается подсчетом запасов категорий inferret и indicated (или probable и possible). В 50 % случаев и более запасы подсчитывают методом разрезов, в 30 % и более — полигональным способом, реже — методом треугольников и пр. На данном этапе в 50 % случаев подсчет запасов осуществляется геологическим персоналом компании, в 30 % — коллективом горных инженеров и геологов. Примерно в 30 % случаев для оценки запасов используется аппарат геостатистики. Завершающей является работа по геолого-экономической оценке выявленных ресурсов или запасов и целесообразности их освоения.

При положительной оценке переходят к следующей фазе разведки, называемой *стадией определения цели* (target defining stage). Целевое назначение работ на данной стадии — детальное изучение внутреннего строения минерализованной зоны или тела, характера распределения золота в пределах контуров, выделенных ранее. Обычная сеть скважин на этой стадии (в м): 30x30 (40x40); 30x15 (40x20); 15x15 (20x10) и

даже 12,5х12,5. В большинстве случаев (75 %) сеть скважин регулярная. На данной стадии детально подсчитывают запасы по категориям геологической изученности. В 55—60 % случаев запасы подразделяют на категории proved, probable и possible; в 25 % — на категории measured, indicated и inferred; в 15—18 % — используют прочие классификационные категории (drill-indicated, assured reserves, payable ore available). В 55 % случаев при подсчете запасов применяется метод разрезов; в 40—45 % — полигональный способ. Почти в 60 % случаев для оценки запасов используется геостатистика. В 65—70 % подсчет запасов осуществляется геологом компании или группой персонала; нередко операцию по подсчету осуществляют привлекаемые консультанты (20 %). Конечный результат работ — геолого-экономическая оценка целесообразности освоения запасов (предварительный вариант).

Завершающая стадия разведки — *предпроизводственная* (pre-production stage), основная задача которой — детальное и полное решение всех вопросов, связанных с количественными и качественными харак-

теристиками запасов. Большое внимание здесь уделяют изучению минералогических характеристик рудных тел, вопросов связи золота с минералами-носителями, их ассоциациями; пространственному их размещению. Производятся технологические испытания по переработке руд.

В большинстве случаев на этой стадии проводят подземную разведку, если это признается необходимым. Если подземная разведка не проводится, запасы подсчитывают либо методом разрезов (45 %), либо полигональным способом (35—40 %). Подсчет запасов на данной стадии выполняется в основном (70—75 %) группой персонала компании либо геологом. Запасы, оцененные на данной стадии, в обязательном порядке сравниваются с последующими данными добычи.

Завершают работу полной геолого-экономической оценкой запасов (feasibility study), которая является результирующим документом изучения геологических и экономических характеристик месторождения. На основе этих материалов принимается решение по разработке и переходу к горно-подготовительным работам.

Техногенные месторождения, методы их изучения и оценки

В.В.ШЕЛАГУРОВ

Большие природные пространства России и рассредоточенность баз добычи и переработки минерального сырья обусловили практически полное невнимание к утилизации отходов. Между тем, по масштабам вмешательства в природную среду Россия занимает одно из первых мест в мире. Поэтому добывая огромный объем первичных минеральных ресурсов, мы используем извлекаемую горную массу на уровне 10 %, а основное количество добытой массы уходит в различные отходы. Кроме того, комплексность и полнота освоения месторождений часто не превышают 50 %. В результате некомплексной переработки сырья и неполного извлечения полезных компонентов образуется огромная масса отходов. Все это приводит не только к расточительному использованию недр, но и к загрязнению окружающей среды. Стационарные промышленные источники загрязнения, в частности отходы горнорудного и металлургического производства, являются не только серьезной экологической проблемой, но и требуют для ее решения высоких затрат.

Таким образом, реализация комплексных техногенных месторождений с использованием безотходных технологий вовлекает в

промышленное освоение отходы производства, одновременно способствуя оздоровлению окружающей среды.

Известно, что ни одна отрасль при существующем уровне техники и технологии не может обеспечить полное преобразование потребляемых ресурсов в конечные продукты. В горно-добывчных и металлургических отраслях в силу многоступенчатой переработки минеральных ресурсов и низкого коэффициента использования сырья образуется большое количество отходов. По различным источникам, на конечные потребительские продукты приходится от 1 до 10 % объема исходного сырья, остальная часть является отходами производства. Например, на 1 т цветных металлов приходится 150—210 т отходов. В целом в мире при добыче около 100 млрд. т горной массы образуется около 75 млрд. т отходов.

Таким образом, производственные отходы представляют собой не только дополнительный источник получения многих металлов и неметаллов, но могут служить сырьевой базой многих видов строительных материалов, тем самым освобождая обширные площади земли, которые могут быть использованы по прямому назначению. По ГОСТ

25916-83 «Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения» отходы производства — это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. Отходы потребления — изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа.

Существуют несколько классификаций отходов горно-промышленного производства [6, 8, 10, 18], имеющие общие черты. Так, большинство исследователей считают целесообразным выделять следующие признаки:

место образования в отраслях промышленности (т.е. выделение отходов, получаемых в угольной, металлургической, химической и других отраслях);

технологические стадии их образования (т.е. отходы при добыче, обогащении, металлургической переработке сырья и т.д., каждый из которых соответствует разным технологическим процессам);

вид отходов (золы, шлаки, хвосты, шламы, сливы и др.);

степень ущерба, наносимого окружающей среде (загрязнение воздуха, почв, вод сернистым газом, ртутью, фтором и другими вредными компонентами);

направления использования (металлургия, строительство, энергетика и др.);

эффективность использования (эти признаки дают возможность разделить отходы на эффективные для освоения при существующем уровне развития техники и технологии, неэффективные и потенциально перспективные);

время накопления (текущего производства и ретроспективные (10—20 лет), что существенно влияет на эффективность промышленного использования отходов, поскольку нередко в старых (30—50 лет) хвостах и отвалах содержание полезных компонентов такое же, как в добываемых в настоящее время рудах);

степень изученности (позволяет судить о характеристиках полезных и вредных компонентов в отходах).

В.Т.Борисович и В.В.Чайников [2] рассматривали техногенные месторождения с точки зрения социально-экономического эффекта их использования. Наиболее важны в этом плане два комплексных признака: направление использования и степень ущерба, наносимого окружающей среде.

Техногенные месторождения характеризуются ресурсной ценностью, которая определяется наличием полезных компонентов или пород, достаточными объемами для промышленной переработки, техническими и технологическими возможностями получения продукции и экономической целесообразностью использования. При определении экономической целесообразности должны

учитываться экологические аспекты: освобождение земель для сельскохозяйственного использования (после рекультивации) и очистка окружающей среды от вредного влияния отходов.

По ресурсной ценности горнопромышленные отходы могут быть расклассифицированы на две группы: отходы, временно складированные в небольших объемах, и собственно техногенные образования (отвалы, хвостохранилища). Среди последних выделяют: неперспективные техногенные образования (смешанные отвалы) и собственно техногенные месторождения (спецотвалы, хвостохранилища). Они, в свою очередь, разделены на комплексные хвостохранилища, нерудные и рудные спецотвалы. Особо следует выделить смешанные отвалы, которые в результате совместного складирования практически утратили свои потребительские свойства. Необходимо отметить, что на существующем уровне развития техники и технологии добычи и переработки сырья, большая часть техногенных месторождений (ТМ) являются потенциальными, хотя при изменении цен и появлении новых технологий они могут представлять большой интерес для освоения.

Использование техногенных месторождений цветных металлов. В настоящее время большинство производителей металлов стремятся снизить его себестоимость, в связи с чем инвестиции в горное производство осуществляются лишь на проекты с низкими капиталовложениями (отработка месторождений выщелачиванием), а также в разработку благородных металлов.

Анализ изменения структуры обрабатываемой промышленности в развитых странах показывает [19], что спрос на цветные металлы (медь, свинец, цинк, олово) изменится в ближайшие годы. В то же время растет спрос на металлы, применяемые в наукоемких производствах — бериллий, тантал, цирконий и др. Один из источников увеличения производства редких, рассеянных и благородных металлов — комплексная переработка сырья и резкое увеличение использования техногенных ресурсов. Использование (освоение) техногенных месторождений обусловлено еще и тем, что на некоторых предприятиях (Норильский комбинат, предприятия цветной металлургии Урала и др.) сокращаются запасы высококачественных руд, ухудшаются горно-геологические условия отработки месторождений, сокращается число месторождений с легкообогатимыми рудами, и, как следствие, частично освобождаются мощности на обогатительных фабриках и металлургических заводах. Поэтому вовлечение в переработку складированных отходов 30—50-летней давности с достаточно высоким содержанием полезных компонентов позволит при меньших затратах увеличить производство дефицитных металлов.

Характерно, что в развитых странах значение импорта возрастает постоянно, несмотря на наличие собственной сырьевой базы. Так, в США импорт по цинку, бокситам, вольфраму, кобальту, танталу, платине, никелю, кадмию вырос в последние годы до 90 %, по титану, олову и ртути до 50 %, по свинцу на 10 %, меди на 75 %. Данная тенденция, очевидно, сохранится и в ближайшем будущем, а японский исследователь Яно вообще считает, что отсутствие минеральных ресурсов является выгодным для страны, поскольку не наносится ущерб окружающей среде и внедряются современные технологии безотходной переработки импортируемых руд.

В настоящее время значительная доля цветных металлов производится из вторичных ресурсов. Так, в США доля вторичного сырья по меди составляет 54 %, по вольфраму 25, никелю 21, кобальту 8 %. По оценке Горного бюро США, к 2000 г. около 90 % цветных металлов будет производиться из различных отходов.

В Великобритании обогатительная фабрика фирмы Rockropan перерабатывает более 60 тыс. т отвалов в год, содержащих 0,3—0,4 % олова, и получает 30%-ный оловянный концентрат. В последние годы на фабриках Великобритании начато промышленное внедрение нового гравитационного аппарата — концентратора Bartles — Krossbelt, который обеспечивает извлечение олова более 70 %. Экспериментальное применение салицилальдегида совместно с техническим маслом повышает извлечение касситерита до 82 % (Италия). В Австралии на рудниках района Кадина перерабатываются хвосты, содержащие 1,5 % меди. Производительность обогатительной установки около 700 т хвостов в сутки.

В настоящее время установка для повторной переработки хвостов медных и свинцово-цинковых фабрик, разработанная фирмой Atlas Consolidated Mining and Development (Филиппины), успешно применяется на многих предприятиях США. Принцип действия установки — превращение хвостов в пульпу с помощью вращающихся и вибрирующих сопл, через которые под высоким давлением подается вода. Общие затраты на добычу хвостов составляют 0,0156 долл. США на 1 т твердого материала. Наиболее крупные установки по доизвлечению меди из хвостов производительностью более 100 тыс. т в сутки действуют на фабрике Arturand Magna в США. На фабрике Morensi (штат Аризона) работает гидрометаллургическая установка производительностью 60 тыс. т хвостов в сутки, содержащих 0,209 % меди. Среднее извлечение 55 % при выщелачивании. При этом извлечение окислительной руды составляет более 73 %, тогда как из первичных руд окисленная составляющая не извлекалась. Выщелачивание меди из хвостов значительно повы-

шается при повышении содержания кислорода в отвалах. Обычно аэрацию отвалов осуществляют продувкой сжатым воздухом из скважин через перфорированные трубы. Продолжительность аэрации 10 суток [25].

Извлечение гидратированных силикатов меди (хризоколлы) из хвостов флотации окисленных медных руд в лаборатории университета г.Лувеке (Франция) с применением мокрой сепарации при высокой напряженности магнитного поля составила 92,5 %.

В Марокко при обогащении хвостов (содержание свинца 0,28 %, цинка 1,35 %) передвижными гидравлическими установками производительностью 16 тыс. т в сутки получают песковый флотационный концентрат, содержащий 33 % цинка и 2,1 % свинца. Суммарное извлечение цинка 46,1 % [23].

Эффективные технологии извлечения золота из хвостов разрабатываются в Национальном институте металлургии в ЮАР, где запасы хвостов обогатительных фабрик оцениваются в 225 млн. т со средним содержанием золота 0,9 г/т [24]. Установлено, что повторное сканирование не рентабельно, поскольку золото находится либо в сростках, либо покрыто защитной пленкой, и другие ценные компоненты не извлекаются. Поэтому перспективными признаны методы гравитации и высокоградиентной сепарации. При гравитации извлекаются 10—20 % золота и часть урана. При «пиритной» флотации извлекается 20—40 % золота при 85%-ном извлечении пирита и высоком извлечении урана. При высокоградиентной магнитной сепарации из хвостов можно извлечь 40—60 % золота и урана с одновременным высоким извлечением железа, хрома, ильменита, рутила, циркона. Стоимость сооружения такой обогатительной установки производительностью 300 т хвостов за 1 ч составляет 2,8 млн. долл. США. Это в 2—3 раза больше затрат на строительство флотационной установки такой же производительности. Но себестоимость обогащения будет значительно ниже. В настоящее время хвосты обогатительных фабрик в ЮАР перерабатываются по схемам, включающим гравитацию или флотацию, доизмельчение концентрата и извлечение из него золота сепарированием и урана кислотным выщелачиванием. В настоящее время в ЮАР действует крупный комбинат по переработке хвостов золотоизвлекающих фабрик производительностью 50 тыс. т в сутки [27]. Комбинат включает: трехсекционную фабрику флотации, урановый цех по переработке пиритного концентрата, фабрику для извлечения золота из отходов сернокислотного производства. В трех первоочередных отвалах содержание золота 0,53 г/т, урана 40 г/т, серы 1,04 %. Капитальные затраты на строительство комбината 101 млн. долл. Годовое производство составляет: серной кислоты — 350 тыс. т, U_3O_8 — 69 т, золо-

та — 3,57 т. Сквозное извлечение серы (в пиритовый концентрат) 85 %, урана 32 %, золота 51 % (при выщелачивании огарков 90 %). Предусмотрена рекультивация освождаемых площадей. Весьма рационально используются хвосты полиметаллических руд в Испании. Комбинат Apirisa перерабатывает 2 млн. т хвостов в год.

Большое внимание в США, Великобритании, Японии и других странах уделяется разработке технологий переработки шлаков. Важнейшая задача при этом — правильное измельчение. Например, при измельчении шлака на 90 % до класса — 0,063 мм извлечение меди повышается до 70 %. Фабрики по переработке шлаков работают в Чехии, Словакии, Германии, ЮАР [25]. Коэффициенты извлечения основных цветных металлов в зависимости от применяемых технологий составляют (в %): медь 60—89, свинец до 95, цинк до 84, олово 40—70.

Наиболее перспективными представляются технологии комплексной переработки отходов, когда помимо извлечения отдельных полезных компонентов перерабатывается в товарный продукт основная масса отходов. Так, на заводе Smolnik (Чехословакия) на установке Atlas (Германия) производятся: медь (извлечение 65 %), цинк, свинец, а также известково-силикатные кирпичи.

Безотходная технология производства дешевого и легкого строительного материала — аглопорита с попутным извлечением ветных и редких металлов, а также производство стеновых керамических изделий (глиняного кирпича), тарного стекла, фарфоро-фаянсовых изделий и огнеупоров разработана в КазИМСе (Алма-Ата). Исходное сырье — хвосты обогащения редкометалльных и полиметаллических руд, вскрышные породы, золы ТЭС и фосфорные шлаки. При производстве аглопорита извлечение в концентрат составляет (в %): WO₃ 35—63, Bi 71, Cu 45, Pb 95. Технология производства аглопорита защищена авторскими свидетельствами на изобретения СССР.

На территории бывшего СССР особенно выделяется Уральский экономический район с многовековой историей освоения и разработки месторождений черных и цветных металлов. В связи с существенным сокращением прироста запасов цветных металлов в этом регионе большой интерес приобретает возможность вовлечения в переработку техногенных отходов, накопленных на обогатительных фабриках и металлургических заводах. Ежегодно в этом регионе образуется 5—7 млн. т хвостов, содержащих 0,3—0,4 % цинка, 0,2—0,3 % меди, до 35 % серы, более 35 % железа. На действующих обогатительных фабриках Урала в хвостах обогащения теряется более 9 % меди и цинка, поступающих в сырье, 30 % серы, более 50 % железа, от 20 до 50 % золота и

серебра, 30 % селена, 40 % теллура, 60 % висмута, молибдена, калия, до 50 % германия, 30 % кобальта. По кадастровой оценке техногенных ресурсов (1990 г.) только в хвостохранилищах Урала заскладировано около 170 млн. т пиритсодержащих хвостов. В них содержится 455 тыс. т меди, 650 тыс. т цинка, 36 млн. т серы и много других ценных компонентов.

К настоящему времени проведены геолого-ревизионные работы на хвостохранилищах Красноуральской, Карабашской, Сибайской, Среднеуральской, Бурибаевской и Кировоградской обогатительных фабрик. Результаты этих работ использованы при разработке кадастров техногенных ресурсов промышленности Урала и их экономической оценки. Большая работа в этом направлении проведена сотрудниками ЦНИИЭкономики и информации цветной металлургии и институтом «Унипромедь». В настоящее время часть наиболее обедненных хвостов флотации Гайского ГОК (0,2 % меди, 0,5 % цинка, 6 % серы) используется для закладки выработанного пространства. Лежалые бедные хвосты Кировоградской и Пышминской обогатительных фабрик применяются для отсыпки дамб и производства силикатного кирпича. Для Красноуральской, Карабашской, Сибайской обогатительных фабрик установлена технологическая возможность флотационной переработки хвостов с получением пиритного, медного и цинкового концентратов. Разработана предпроектная документация по переработке хвостов действующих и законсервированных хвостохранилищ. Кондиционные запасы хвостов только в законсервированных хвостохранилищах оцениваются в 20 млн. т.

Кроме того, практическую ценность в настоящее время представляют шлаки действующих Среднеуральского, Красноуральского, Кировоградского и Карабашского меднорудных заводов и Медногорского медно-серного комбината. К настоящему времени в этих отвалах заскладировано более 93 млн. т шлаков, в которых содержится более 343 тыс. т меди, 2135 тыс. т цинка, 910 тыс. т серы и другие полезные компоненты. В последние годы на строительные нужды, закладку выработанного пространства, ремонт дорог используется 500 тыс. т шлаков, что приводит к безвозвратной потере всех полезных компонентов, содержащихся в них. Исследовательские работы по усовершенствованию технологических схем переработки шлаков пока не вышли из стадии лабораторных или полупромышленных испытаний, в частности, электротермический способ, позволяющий извлекать более 85 % цветных металлов, не внедряются в связи с высокой энергоемкостью (около 2 тыс. кВт на 1 т шлака) [13].

Изучение ТМО. Требования к изучению ТМ, определению их качества, кондиций и запасов до настоящего времени определя-

лись некоторыми нормативными документами [5, 8, 19]. В ГКЗ в 1994 г. предполагался выпуск нового методического руководства по изучению и оценке ТМ.

В соответствии работой [5], изучение отходов должно проводиться на всех стадиях геологоразведочных работ и в процессе разработки месторождений независимо от наличия или отсутствия потребности в них. Должны быть определены количество отходов и возможные сферы их использования. Определяются возможности использования отходов добычи, обогащения переработки как самостоятельного продукта или как компонента шихты для производства продукции, сырьевая база которой в данном районе ограничена. Кроме того, данные требования предусматривают, что дальнейшее изучение отходов проводится только в случае, если получаемое количество отходов значительно превышает максимальную имеющуюся или ожидаемую потребность в сырье для производства продукции более ответственного назначения.

Группируют ТМ по сложности их разведки на основе следующих важнейших факторов.

1. Геологические: генетический тип месторождений (источник сырья); минералогическая характеристика основных и попутных компонентов; литологический и петрографический составы пород (вмещающих и др.) исходного месторождения; степень воздействия процессов физического и химического выветривания, окисления и миграции полезных компонентов.

2. Техногенные: условия формирования техногенных залежей (технология формирования); размеры и форма ТМ; пространственная изменчивость качественных свойств ТМ и ее анизотропия; гранулометрический состав; гравитационная дифференциация пульпы на хвосто- и шлакохранилищах; время возникновения и сроки существования ТМ.

3. Горно-технические и технологические: физико-механические характеристики пород исходного геогенного месторождения (прочностные, магнитные, электрические и др.); наличие на хвостохранилище плавунных зон; гидрогеологические условия; измелченность вторичного минерального сырья; степень обогатимости техногенного минерального сырья и извлечения полезных компонентов в конечный продукт; предлагаемые возможные способы отработки.

4. Экономические и экологические: кондиционность техногенного минерального сырья (по содержанию полезных и вредных компонентов по ГОСТам и техническим условиям); цена на товарные продукты из техногенного минерального сырья; сроки вовлечения запасов ТМ в промышленное использование; предотвращаемый ущерб от загрязнения природной среды.

В целом оценка техногенных ресурсов, в

т.ч. и месторождений включает следующие виды работ: анализ обеспеченности хозяйства страны данным металлом; выявление районов с благоприятной инфраструктурой для освоения ТМ; прогнозная оценка; ревизионно-оценочные и геологоразведочные работы; составление ТЭО освоения месторождения.

Все виды отходов должны быть охарактеризованы, в первую очередь, в двух аспектах — на содержание в них полезных компонентов и как материал для использования в строительстве и т.п. Детальное изучение проводится только при наличии потребностей подтвержденных соответствующими заявками.

Согласно нормативным документам, обязательно изучению на эксплуатируемых месторождениях подлежат хвосты и шлаки обогащения и отходы механической переработки сырья (дробления, россева и др.). Отходы других способов переработки полезных ископаемых (термического, гидрометаллургического и т.п.) — шлаки, золы и другие изучаются только по специальным заявкам.

Особенности оценки ТМ. В горнодобывающей промышленности имеется немало предприятий, которые начали добычу и переработку 50 лет назад и более, когда руды с содержанием 3—4 % меди или 2—5 % свинца и цинка считались бедными. Например, содержание свинца и цинка в рудах Садонского месторождения составляло 10 %, поэтому в отвалы поступали отходы с более высоким содержанием полезных компонентов, чем в балансовых рудах месторождений, разрабатываемых в настоящее время.

Отсутствие комплексной переработки сырья на многих ГОКах и технологическая отсталость схем обогащения и извлечения полезных компонентов приводят к тому, что в отходах продолжают накапливаться цветные, благородные, редкоземельные металлы и рассеянные элементы. Необходимо отметить, что важная особенность ТМ — возможность управлять процессом их формирования. В отличие от геогенных месторождений минерального сырья форма, мощность и объем техногенных залежей могут быть определены без создания разведочных пересечений на основе использования плана изогипс основания и маркшейдерской съемки поверхностей хвостохранилищ и отходов отвалов. Главная задача при изучении отходов — определение их состава (химического, гранулометрического, минерального и др.), а также исследования обогатимости отходов, их физико-механических свойств и определение зон концентраций полезных компонентов, влияющих на технологические свойства. Поэтому разведку (технологическую оценку) твердых отходов горного производства можно разделить на несколько стадий.

1. Прогнозная оценка, осуществляемая на основе информации, имеющейся на руднике, фабрике, ГОКе и т.п., которая указывает на принципиальную пригодность ТМО как объекта эксплуатации, но позволяющей приступить к проектированию и эксплуатации.

2. Предварительные разведочные работы, проводимые в небольшом объеме по разреженной сети выработок (скважин) и позволяющие выявить качественный состав отходов, их технологические свойства, а также провести предварительное разделение на типы и сорта (по технологической переработке).

3. Постановка более детальных работ на перспективных участках, задача которых выявить пространственное распределение отходов по качеству для организации селективной отработки.

4. В процессе геолого-маркшейдерских работ организуется товарное опробование материала, отправляемого на переработку, оцениваются показатели потерь, разубоживания и пересортицы, учитываются движения запасов отходов различных типов и сортов.

Обоснование параметров разведочной сети. Применяемая разведочная сеть должна быть достаточной для подсчета запасов категорий С₁ и С₂. В общем плане плотность разведочной сети определяется, исходя из масштабов месторождений соответствующих групп, и регламентируется инструкцией [7] для россыпных месторождений. Однако при предварительной разведке оптимальные размеры разведочной сети могут определяться по средним содержаниям и запасам металла по площади влияния выработки (скважины), которая может быть вычислена по формуле $a_i = \sqrt{Q_i/m}$, где a_i — размер ячейки разведочной сети, характеризующей зону влияния скважины, объемом Q_i , равным определенной (сменной, суточной, месячной и т.д.) производительности фабрики; m — средняя мощность хвостов.

Если при квадратной сети известны m и размер ячейки a_i , то можно найти линейные эквиваленты объемов L_i , характеризующие зоны влияния скважин. По Ж.Матерону, для прямоугольных параллелепипедов $L_i = 2a_i + m/2$, где $a_i > m$. Число разведочных сечений $N_i = S/a_i^2$, где S — площадь хвостохранилища (в м²).

Технологическое опробование. Проводится для уточнения или определения технологических типов или сортов металлосодержащего сырья, обосновывается их выделение и производится их геометризация. Технологическое изучение ТМ, как и геогенных — составная часть геологоразведочных работ и базируется на представительном технологическом опробовании. Являясь наиболее важной задачей, решаемой при разведке, технологическое опробование определяет наи-

более рациональный способ переработки различных видов техногенного сырья. При технологическом опробовании может быть использована методика малообъемного технологического опробования ВИМС — Механобра. Методика отбора технологических проб и принципы геолого-технологического картирования изложены в работах [5, 12, 21]. В результате испытаний проб устанавливаются: геометризация качественных свойств на планах и разрезах; технологические сорта и возможность их селективной выемки для раздельной переработки; целесообразность применения гидрометаллургических способов.

Число мест отбора технологических проб в значительной степени зависит от коэффициента вариации содержаний полезных компонентов (таблица).

Завершается технологическое изучение отбором и анализом полупромышленных и технологических проб. При их отборе учитываются данные технологического картирования, схемы будущей отработки и наиболее целесообразное сочетание технологических типов и сортов сырья. По результатам технологического опробования получают исходные данные для технико-экономического обоснования возможности и целесообразности комплексного высокоэффективного использования обогатительных фабрик. Масса малых технологических проб, отбираемых из остатков сокращения рядовых проб, обычно составляет 20—50 кг, лабораторных проб от 0,5 до 3 т, иногда более. Объем полупромышленных проб колеблется в широких пределах — от нескольких тонн до нескольких тысяч тонн, зависит главным образом от производительности используемого оборудования и определяется проектом.

Геолого-экономическая оценка. При оценке кондиционности техногенных запасов с точки зрения извлечения из них полезных компонентов можно выделить запасы, которые: целесообразно перерабатывать в настоящее время; можно будет перерабатывать в ближайшие 10 лет; будут пригодны для переработки в ближайшие 20 лет; подлежат сохранению и непригодны для доизвлечения полезных компонентов. Последние должны быть оценены как возможное сырье для стройиндустрии или как промпродукт.

Существует следующая последователь-

Число мест отбора технологических проб

Характер оруденения	Коэффициент вариации содержаний, %	Число пунктов отбора частных проб
Весьма равномерный и равномерный	< 40	1—3
Неравномерный	40—100	5—6
Весьма неравномерный	> 100	8—12

ность работ при геолого-экономической оценке:

1) выделение металлосодержащих и нерудных отходов;

2) установление кондиций на содержание полезных компонентов;

3) дифференциация и геометризация отходов по результатам опробования в соответствии с установленными кондициями: пригодных отвалов и хвостохранилищ (IA), перспективных (IB) и непригодных (IV);

4) разработка кондиций к качеству нерудных отходов (стройматериалы, закладка и др.);

5) анализ экономической эффективности рекультивации отвалов, хвостохранилищ и т.д.;

6) определение очередности использования отходов.

Кондиции на техногенное минеральное сырье. Временные и постоянные кондиции для подсчета запасов техногенных месторождений тесно увязываются с кондициями на основные виды полезных ископаемых и утверждаются в установленном порядке одновременно с ними [7, 13].

Основными параметрами кондиций на металлосодержащие техногенные ресурсы являются: минимально-промышленное содержание полезных компонентов в запасах; перспективное минимально промышленное содержание полезных компонентов в запасах; граничное (бортовое) содержание полезных компонентов в запасах.

Первое — это содержание, при котором технологии и эколого-экономические расчеты показывают целесообразность извлечения полезных компонентов в настоящее время по существующим или реконструируемым технологическим схемам. Второе — содержание, при котором технологически возможно и эколого-экономически целесообразно извлекать полезные компоненты в перспективе на основе будущей, более совершенной технологической схемы переработки. Третье — содержание, при оконтуривании по которому получают минимально промышленное содержание в контурах техногенной залежи.

Обычно кондиции устанавливаются либо в целом для ТМ, либо для отдельных участков. Одним из способов установления минимально промышленного содержания является его определение по оптовым ценам и текущим затратам:

$$\text{Min}_c = \frac{C}{0,01 \varepsilon_{\text{пр}} \varepsilon_{\text{м}} [\text{Ц}(1+K) - C_{\text{м}}]} \left(1 - \frac{\alpha_{x.b.}}{\beta}\right),$$

где $\alpha_{x.b.}$ — содержание условного полезного компонента во вторичных отходах (хвостов и др.) после доизвлечения его в концентрат, %; β — содержание полезного компонента в концентрате, %; C — затраты на добычу, транспортировку, обогащение 1 т

(1 м³), руб/т; $C_{\text{м}}$ — полная стоимость металлургического передела 1 т металла, руб/т; $\varepsilon_{\text{пр}}$ — извлечение при обогащении; $\varepsilon_{\text{м}}$ — извлечение при металлургическом переделе; Ц — оптовая цена, руб/т; K — коэффициент, учитывающий отношение цены одного или нескольких полезных компонентов к ценности основного компонента.

Техногенные ресурсы (запасы) не отвечающие требованиям Min_c , являются неперспективными для доизвлечения и могут быть рассмотрены как нерудное сырье. Поскольку ТМО поликомпонентны, то их оценка и использование должны быть комплексными.

Основные требования к изучению и оценке ТМО изложены в работах [12, 16]. В связи с отмеченным многие руководства рекомендуют переходить на мало- и безотходные технологии переработки техногенных запасов. Они должны учитывать извлечение попутных компонентов, доизвлечение основного компонента, производство дополнительной продукции путем утилизации основного объема отходов и предотвращение экономического ущерба от загрязнения окружающей среды [2, 10, 20]. Однако данная методика не является директивной, и ее положения не использованы в утвержденной отраслевой методике [14, 15].

По другой методике [12, 19], минимальное промышленное содержание определяется следующим образом:

$$C_{\text{min}} = \frac{3_{\text{п}} - 3_{\text{хр}} + E_{\text{н}} 3_{\text{п}}}{P E_0 \text{Ц}_0} B_{\text{м}},$$

где $3_{\text{п}}$ — полная себестоимость добычи и переработки 1 т техногенного сырья до конечной продукции, руб.; $E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент рентабельности; $3_{\text{хр}}$ — предстоящие затраты на хранение 1 т техногенного сырья, а также экономический эффект от удаления запасов техногенного сырья на 1 т, руб.; P — коэффициент изменения качества при добыче; E_0 — коэффициент извлечения основного компонента в конечную продукцию; Ц_0 — цена (оптовая или предельно допустимая) основного компонента в конечном продукте, руб.; $B_{\text{м}}$ — содержание металла в готовом продукте, %.

Содержание попутных компонентов пересчитывается на условное содержание основного компонента, имеющего наибольшую долю в стоимостной продукции. Условное содержание основного компонента определяется по формуле:

$$C_{\text{усл}} = C_0 + \sum_{i=1}^n C_i K_i,$$

где C_0 — среднее содержание основного компонента в оцениваемом объекте, %; C_i — среднее содержание i -го извлекаемого компонента, %; K_i — коэффициент приведения i -го компонента к основному;

$$K_i = \frac{E_i \Pi_i}{E_0 \Pi_0},$$

где E_i и Π_i — коэффициент извлечения и оптовая цена i -го компонента в конечном продукте, доли ед. и руб.; E_0 и Π_0 — то же, для основного компонента.

Стоимость попутных компонентов, извлеченных при металлургическом переделе, определяется умножением цены металла на коэффициент

$$K_1 = \frac{\Pi_m + \Pi_p}{\Pi_m},$$

где Π_m — стоимость годового выпуска основного металла, руб.; Π_p — то же, для попутных металлов, руб. В целом, стоимость попутной продукции, получаемой при добыче и обогащении из 1 т техногенного сырья, определяется по оптовым ценам и вычитается из себестоимости добычи и обогащения 1 т сырья.

Бортовое содержание обычно выбирается вариантным способом. Стоимостная оценка ТМО при повариантных расчетах определяется следующим образом:

$$R_i = Z_i - S_i,$$

где Z_i — сумма всех ценностей, извлекаемых из оцениваемых запасов за весь период их отработки для i -го варианта, руб.; S_i — суммарные затраты на освоение, эксплуатацию и получение продукции (стоимость которой равна Z_i) для i -го варианта, руб. Вариант, при котором денежная ценность месторождения достигает максимума, является оптимальным.

Большое, а иногда и решающее значение имеют экологические аспекты отработки ТМ, в результате которой происходит загрязнение атмосферы, водной среды, изъятие земельных ресурсов и др. Поэтому стоимостное выражение необходимых природоохранных мероприятий и экологическая оценка ущерба в различных средах должны быть учтены при отработке ТМО в обязательном порядке. Единой методологии расчета различных ущербов не существует. Различные способы расчета этих оценок приведены в работах [1—3, 6]. Наибольший интерес представляет комбинированный метод, основанный на использовании показателей межотраслевых значений удельных ущербов [11]. Полный годовой экономический ущерб от загрязнений определяется как $Y = Y_t B Q_t$, где Y_t — суммарный удельный экономический ущерб от выбросов отходов всех видов по предприятию в целом, руб/т; $Y_t = Y_{ta} + Y_{tb} + Y_{tc}$, здесь Y_{ta} — удельный экономический ущерб от выбросов загрязнений в атмосферу, руб/т; Y_{tb} — то же, в водные источники; Y_{tc} — то же, в почвы и прочие земельные ресурсы; a, b, c — поправочные коэффициенты, учитывающие степень достоверности укрупнен-

ных расчетов в каждой из сфер природоохранной деятельности; B — количество выбросов (отходов) на 1 т продукции, т/т; Q_t — годовой выпуск товарной продукции на предприятии, т.

В последние годы потребление минерально-сырьевых ресурсов сопровождалось сокращением запасов, что в ряде случаев привело к возникновению дефицита на некоторые виды минерального сырья. В то же время в мире снижаются затраты на добычу и переработку сырья за счет внедрения новых технологий и т.п. Вследствие этого конкуренция между горными предприятиями все более ужесточается, и резко увеличиваются требования к эффективности новых капиталовложений. Научные разработки и практический опыт показывают, что одно из основных направлений развития горного производства — комплексное освоение недр. Важное средство улучшения технико-экономических показателей освоения месторождений — их комплексная отработка, рациональное использование подземных выработок для хозяйственных и бытовых нужд, применение новейших технологий (выщелачивание металлов и др.). Значительным дополнительным источником получения дефицитных металлов является отработка техногенных месторождений. Эта проблема становится все более актуальной в связи с тем, что позволяет удовлетворить потребности в сырье без крупных дополнительных капиталовложений в развитие новых добывающих предприятий.

Использование техногенного сырья осуществляется в следующих главных направлениях:

доизвлечение полезных компонентов — цветных, редких, драгоценных и других металлов;

использование бедного техногенного сырья в химической промышленности, производстве строительных материалов, в качестве флюидов;

в связи с мероприятиями по охране и облагораживанию окружающей среды.

Низкий уровень использования отходов горнометаллургического производства обусловлен главным образом слабой изученностью их качества. Информация о содержании и пространственном распределении металлов в хвосто- и шлакохранилищах почти полностью отсутствует. Практически нет данных о физико-механических свойствах отвальных пород. Несколько более достоверная информация имеется об отходах металлургического производства. Несомненно, что для решения задач по освоению ТМ нужен комплексный системный подход, учитывающий ценность техногенного месторождения, как источника рудного и нерудного минерального сырья. А для этого необходимы: оценка качества и геометризации ТМ; технико-экономическая оценка и обоснование кондиций; разработка существ-

вующих и создание ТМ с оптимальными параметрами; осуществление рудоподготовки и предварительного обогащения; переработка сырья и получение готовой продукции; восстановление земель.

Значительное отличие ТМ от геогенных заключается в следующем: 1) ТМ находятся в основном на поверхности; 2) представлены дезинтегрированными (различной крупностью) породами и некондиционными рудами или продуктами их переработки; 3) имеют комплексный состав, в т.ч. рудный и нерудный; 4) из-за стохастического складирования и временного дрейфа внутри техногенных залежей литологический и минеральный составы в хвостов- и шлакохранилищах неизвестны; 5) сроки освоения ТМ могут быть значительно короче, чем у геогенных месторождений; 6) себестоимость готовой продукции из техногенного минерального сырья обычно ниже, чем из первичного, добываемого из недр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арский Ю.М., Лореттов В.В., Мищенко В.С. и др. Вопросы разработки системы государственных кадастров минеральных ресурсов СССР. — Киев, 1986.
2. Борисович В.Т., Чайников В.В. Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений. — М.: ВИНТИ, 1991.
3. Вторичные материальные ресурсы черной металлургии. — М.: Экономика, 1986. Т. 2.
4. Государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых СССР. — М.: Мингео СССР, 1981.
5. Дополнительные требования к изучению и порядку утверждения кондиций и запасов минерального сырья, представленного отходами основного производства. — М.: ГКЗ СССР, 1986.
6. Жаворонкова И.П. Экономические вопросы улучшения использования минерально-сырьевых ресурсов СССР. — М.: Наука, 1973.
7. Инструкции по применению классификации запасов к россыпным месторождениям полезных ископаемых. — М.: ГКЗ СССР, 1982.
8. Кадастр ресурсов и перспективы комплексного использования отходов производства цветной металлургии Казахстана. — Алма-Ата: Наука, 1986.
9. Коваленко А.М. Проблемы комплексного освоения недр КМА. — Губкин: НИИКМА, 1987.
10. Кяббис М.Э. Экономический механизм комплексного освоения недр. — М.: Недра, 1984.
11. Лебедев В.В., Рубан В.А., Шпирт М.Я. Комплексное использование углей. — М.: Недра, 1980.
12. Макаров С.В. Малоотходные технологические процессы и процессы переработки отходов. — М.: ВИНТИ, 1989.
13. Оленин И.В., Беляева И.В. и др. Техногенные ресурсы медной промышленности Урала. — М.: ЦНИИцветмет, 1988.
14. Панфилов П.В. Использование шлаков металлургических предприятий Казахстана. — Алма-Ата, 1970.
15. Панфилов О.В., Онаев И.В. Комплексное извлечение металлов из шлаков циклонной плавки. — М., 1964.
16. Пиросов Н.Л., Сушон С.П., Завалко А.Г. Вторичные ресурсы: эффективность, опыт, перспективы. — М.: Экономика, 1987.
17. Подвиженский С.Н., Чалов В.И., Кравченко О.П. Рациональное использование природных ресурсов в горно-промышленном комплексе. — М.: Недра, 1988.
18. Разработка основных положений кадастра техногенных ресурсов КМА. — Губкин, 1988.
19. Тенденции и характерные проблемы в области минеральных ресурсов. — ООН, Комитет по природным ресурсам, 1987.
20. Chavez E.M. Development of Foreign economic indices. Bu Mines, 1984.
21. Cyprus minerals company. «Ann. rep. Form 10-K», 1987, 73.
22. Geotimes. Amer. Geol. Inst., 1988.
23. Falkie T.V. The bureau of mines mineral availability system and resource classification manual. «Inform. Cir. 8654», 37.
24. The Minerals Source. «U.S. Bureau of Mines», 1987, 74.
25. World Bureau of Metal statistics. 1988, N 3.

Региональная геология и тектоника

УДК 552.14

© Л.Э.Левин, 1996

Геология, нефтегазоносность и рудоносность осадочного чехла Мирового океана

Л.Э.ЛЕВИН

Современный этап развития геологической науки характеризуется накоплением принципиально нового фактического материала по геологии осадочного чехла Мирового океана и многим видам полезных ископаемых: нефти и газа, поверхностных полей железомарганцевых конкреций, руд массивных сульфидов и др.

Одними из принципиально новых результатов работы по обобщению имеющегося фактического материала [1, 2] явились: выяснение особенностей распределения мощ-

ности и формационного состава крупных комплексов осадочного чехла; дифференциация шельфов и глубоководных котловин по степени перспектив нефтегазоносности; выделение локальных районов, перспективных для дальнейшего изучения возможностей разработки нового типа стратиформных рудных залежей оксидов некоторых металлов — меди, цинка, никеля, кобальта и др. Именно этим результатам и посвящена настоящая статья.

Актуальность их обсуждения определяет-

ся развитием техники разведочных и добычных работ, поскольку мировой лидер в морском бурении компания «Петробраз» (Бразилия) успешно осуществляет разведку и освоение месторождений углеводородов при глубинах океана 1—1,5 км.

Методика исследований. Вся работа впервые в мировой науке основана на следующих принципах и методах:

сравнительный анализ строения позднеюрско-четвертичного вулканогенно-осадочного чехла в океанах и на континентах;

использование при сравнительном анализе известных ранее и установленных впервые по итогам работы закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых на континентах;

дифференциация осадочного чехла на крупные комплексы, отвечающие основным этапам эволюции океанов и континентов за последние 160 млн. лет геологической истории, а именно: позднеюрско-раннемеловой; позднемеловой-эоценовый; олигоцен-неогеновый и плиоцен-плейстоценовый;

изучение строения каждого из комплексов в тесной взаимосвязи с тектоникой океанов и континентов на основе тектонической карты [6];

анализ строения комплексов на континентах в пределах не только платформ, но и подвижных складчато-надвиговых поясов (Среднеземноморского, Тихоокеанских), что было необходимым для выяснения потенциала нефтегазоносности поднадвиговых зон, а также особенностей формирования месторождений сульфидных руд и марганца;

сравнительный анализ геологии, закономерностей формирования и размещения месторождений для каждого из комплексов в отдельности;

использование количественных параметров седиментации и разведанных запасов для оценки потенциальных ресурсов углеводородов.

Геология осадочного чехла. В историческом аспекте осадочный чехол в центральных областях океанов и многих краевых морей формировался на фоне интенсивного спрединга и удаленности от областей седиментации. В них развиты главным образом неуплотненные осадки мощностью 0,5—0,8 км, которые залегают на базальтах второго слоя океанской коры.

Граница между неуплотненными осадками и осадочными породами, испытавшими диагенез и уплотнение, не имеет четкой пространственной позиции. Область развития континентальных и мелководно-морских отложений контролируется распространением на окраинах котловин блоков континентальной коры, втянутых в нисходящие движения по литрическим разломам при спрединге. Эта особенность впервые была подмечена Ю.М.Пушаровским (1978). Соответственно, рассматриваемая граница либо совпадает с подножием континентального

склона, либо находится от него на значительном расстоянии в сторону глубоководных котловин.

В составе чехла развиты три структурных этажа: верхнеюрско-нижнемеловой; верхнемеловой-эоценовый и олигоцен-плейстоценовый. Основное различие в строении осадочного чехла определяется тем, что в двух нижних этажах ареалы консолидированных пород различного генезиса не только пространственно тесно совмещены, но и порой наследуют друг друга во времени, т.е. ареалы уплотненных глубоководных отложений в верхнемеловом-эоценовом этаже расположены над блоками с преобладанием мелководно-морских отложений в верхнеюрско-нижнемеловом этаже. Оligocen-плейстоценовый этаж отличается связью ареалов консолидированных пород с районами лавинной седиментации (7—10 см/10³ лет), т.е. краевыми морями с симатической корой не моложе позднего мела, внутриостроводужными рифтами, дельтовыми толщами, наложенными на нижележащие структурные этажи, некоторыми предсубдукционными аккреционными призмами.

Направленность формирования каждого из структурных этажей была изменчива по простиранию пассивных окраин и в разных краевых морях. Это получило отражение как в распределении мощности, так и в скоростях седиментации. Для пассивных окраин, например, диапазон изменения скорости седиментации составляет (в см/10³ лет): для J₃—K₁ 1,5—5,02; K₂—P₂ 0,67—2,5; P₃—Q 0,87—27. Максимальная мощность осадочного чехла 20—30 км имеет место в четырех районах переходной зоны континент — океан: на шельфе Баренцева моря (здесь чехол включает также отложения верхнего докембрия, палеозоя и нижнего-среднего мезозоя); вблизи Малой Антильской дуги (аккреционная призма Барбадоса); на севере Бенгальской котловины и в Южно-Каспийской впадине [3, 7, 8].

Распространение структурных этажей (и идентичных им комплексов осадочного чехла) в глубоководных котловинах, их формационный состав и обогащение рудными элементами во многом контролируются особенностями спрединга, т.е. продвижением его осей по простиранию от древних (средне- и позднеюрских и позднемеловых центров разрастания океанской коры); перестройкой осей спрединга от позднеюрско-раннемелового к позднемеловому-эоценовому и затем олигоцен-плейстоценовому этапу; скачкообразным изменением положения осей спрединга в пространстве; дискретностью и типом (линейный, диффузный) спрединга; образованием тройных сочленений осей спрединга.

Для строения осадочного чехла дна Мирового океана в целом устанавливаются глобальные, региональные и локальные элементы гетерогенности. Глобальные вызваны различиями в наборе структурных этажей,

отвечающими направленности геодинамической эволюции. Региональные — характеризуют различия в строении чехла, существующие между тектоническими областями в отдельных океанах и регионами краевых морей. Локальные — отражают различия между секторами тектонических областей океанов и отдельными краевыми морями.

Различие между океанами, наряду с другими параметрами, определяется временем начала седиментации в глубоководной обстановке. В Тихом океане подобная обстановка существовала со средней-поздней юры. Атлантический океан отличается преобладанием в поздней юре — раннем мелу мелководно-морской и лагунной седиментаций и лишь затем развитием глубоководной обстановки. Аналогичная последовательность событий может предполагаться и для некоторых котловин (или точнее части их площади) в Индийском океане.

Переходные области континент — океан повсеместно выделяются повышенной (12—18 км) мощностью осадочного чехла. Высокие, вплоть до лавинных, скорости седиментации в сочетании с разнообразием литологических типов осадков (терригенные, биогенные, хемогенные и вулканогенно-обломочные), обогащенных органическим веществом в условиях повышенного геотермического градиента, определяют высокий потенциал нефтегазоносности этих областей. Однако уровень этого потенциала зависит от генетического типа осадочного бассейна. Повышенная, особенно на ранней стадии эволюции осадочных бассейнов, гидротермальная активность контролирует здесь также парагенез нефтегазоносности и рудоносности.

Специфика осадочного чехла собственно котловин океанов и позднекайнозойских краевых морей определяется обогащением некоторыми металлами, выносимыми гидротермами — железом, марганцем, медью, никелем и кобальтом. Общеизвестны обширные поля железо-марганцевых конкреций в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах, содержащие все эти металлы. По итогам рассматриваемого обобщения [2] выявлен принципиально новый тип стратиформных полиметаллических, но преимущественно марганцевых, залежей в осадочном чехле океанов. Эти залежи, не имеющие известного аналога, являются еще одним элементом различия позднеюрско-четвертичного осадочного чехла в океанах и на континентах.

Нефтегазоносность. Высокий потенциал нефтегазоносности шельфов Мирового океана в настоящее время сомнений не вызывает. Дискуссионность оценки перспектив поисков месторождений углеводородов в глубоководных котловинах обусловлена, как отмечено выше, преобладанием в составе их осадочного чехла неконсолидированных осадков и соответственно отсутствием условий для аккумуляции и консервации залежей углеводородов.

Однако глубоководным бурением и геофизическими работами на части площади котловин океанов и краевых морей установлено предсказанное ранее теоретическими расчетами [4] распространение «аномальных» ареалов консолидированных пород континентального, мелководно-морского и глубоководного генезиса. Эти породы частично залегают на блоках утоненной сиалической коры, испытавших нисходящие движения по литрическим разломам, и частично образовались в обстановке превышения геостатического давления уплотнения над гидростатическим давлением внутриводной воды. Результаты оценки потенциала нефтегазоносности глубоководных котловин, выполненной на основе комплекса предпосылок, рассматриваются далее применительно к четырем типам осадочных бассейнов: внутриокеанскому; переходных областей от аналогов пассивной к современной активной окраине; древних пассивных окраин, испытавших коллизию с мезозойско-кайнозойскими островными дугами (краевые и внутренние моря); современных пассивных окраин.

Внутриокеанские осадочные бассейны, характеризующиеся геологическим строением, благоприятным для нефтегазообразования и нефтегазопроявления, представляют редкое исключение. Они образованы нудами выноса с океанской стороны западной трансформной и северо-западной активной окраин Северной Америки, где мощность консолидированных осадочных пород изменяется от 10 км вблизи подножия континентального склона до 0,5 км на расстоянии 150 км в сторону океана. Эти бассейны являются преимущественно газонасытыми, и не исключено, что их генетические аналоги могут быть обнаружены и в других районах Мирового океана.

Группа осадочных бассейнов переходных областей от аналогов пассивной к современной активной окраине характеризуется, прежде всего, различным генезисом глубоководных котловин — «отгороженным» и спрединговым. Среди «отгороженных» котловин по потенциалу нефтегазоносности выделяется Алеутская котловина, где мощность консолидированных пород составляет 0,5—6 км. Среди спрединговых котловин наличие в разрезе пород мелководно-морского генезиса предполагается для Алжиро-Прованской, Окинава, Новокаледонской, Курильской, Сулу и Сулавеси, а также окраин котловин Командорской, Япономорской, Вакаса, Южно-Китайской, Венесуэльской и Колумбийской. В направлении к осям спрединга консолидированные породы обычно замещаются неуплотненными осадками.

Группа осадочных бассейнов древних пассивных окраин, испытавших коллизию с мезозойско-кайнозойскими островными дугами характеризуется такими признаками нефтегазоносности, как повышенная суммарная мощность осадочного чехла (10—30 км); пересечение в пределах котловин



Рис. 1. Перспективы нефтегазоносности осадочного чехла глубоководных котловин:

1 — высокие; 2 — средние

разновозрастных систем рифтов; наличие в строении чехла трех — четырех серий, из которых нижние представлены породами мелководно-морского генезиса, а также ловушек различного типа (структурных, литологических); развитие на обрамлении котловин барьерных рифов с установленной промышленной нефтегазоносностью; высокая, вплоть до лавинной, скорость седиментации на олигоцен-плейстоценовом этапе эволюции. Все эти признаки свидетельствуют о повышенном потенциале нефтегазоносности и большой вероятности обнаружения в пределах котловин крупных залежей углеводородов.

Для океанского борта бассейнов современных пассивных окраин к признакам обстановки, весьма благоприятной для нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции, относятся: изменение мощности чехла вблизи подножия континентального склона (1—18 км) на различных расстояниях в сторону океана; наличие в разрезе верхнеюрско-нижнемелового эоценового комплекса уплотненных пород мелководно-морского и глубоководного генезиса; осложнение иногда структуры океанского борта бассейнов поперечными системами рифтов и развитие в чехле дислокаций, являющихся ловушками для углеводородов; обогащение разреза органическим веществом с

сопутствующей геотермической обстановкой, благоприятной для миграции углеводородов от рифтов пассивных окраин в сторону глубоководных котловин.

Минимальный уровень прогнозных ресурсов углеводородов всех осадочных бассейнов Земли составляет около 620 млрд. т нефтяного эквивалента, что близко к оценке и других авторов [10]. Максимальная оценка превышает указанное значение в 2,5 раза. До 80 % ресурсов сосредоточено в бассейнах переходной области континент — океан, включая перспективные районы глубоководных котловин, и не более 20 % в бассейнах собственно континентов [4].

Распределение прогнозных ресурсов между генетическими типами осадочных бассейнов следующее: современной активной окраины 4,3—4,6 %; переходной области к этой окраине 24—34,2 %; древней пассивной окраины, испытавшей коллизию с мезозойско-кайнозойскими островными дугами 13,3—20,6 %; современной пассивной окраины 20,5—43,9 %.

Все глубоководные котловины разделены на три категории перспективности для поисков месторождений углеводородов — высокоперспективные, перспективные и бесперспективные или низкоперспективные. Высокоперспективными являются котловины крас-

вых и внутренних морей: Южно-Каспийская, Черноморская, Левантийская и Ионическая, Алжиро-Прованская, Сигсби и Алеутская; Сулу и Сулавеси, а также океанические борта осадочных бассейнов Бенгальского, Западно-Австралийского, Аргентинского, Ламберта — моря Содружества и др. (рис. 1).

Перспективными являются котловины некоторых краевых морей: Курильская, Окинава, Новокаледонская, частично Венесуэльская, Колумбийская и др., а также океанские борта бассейнов пассивных окраин Аравийско-Индского, Мозамбикского, Сенегальского, Северо-Американского, котловин Макарова — Подводников в Арктическом океане и др.

Стратиформные рудные залежи в осадочном чехле океанов. Рудоносные горизонты в осадочном чехле океанов и краевых морей выделены на основании обработки данных глубоководного бурения [9]. Общее число таких горизонтов достигает 17 и они характеризуются неравномерным распределением по площади и в разрезе (рис. 2).

Рудоносные горизонты, представленные тремя типами (насыщение макро- и/или микроконкрециями, рассеянное обогащение осадков оксидами металлов), образуют иногда протяженные стратиформные рудные тела с повышенными концентрациями марганца, никеля, меди, цинка и кобальта. Отличие их от стратиформных месторождений на континентах определяется отсутствием свинца, мышьяка и некоторых других металлов.

Распространение рудоносных горизонтов в каждом из четырех основных комплексов осадочного чехла океанов (верхнеюрско-нижнемеловом, верхнемеловом-эоценовом, олигоцен-неогеновом и плейстоцен-голоценовом) обнаруживает отчетливые взаимосвязи с эндогенной активностью различного типа в океанской коре и ее вулканогенно-осадочном чехле: с гидротермальной активностью после завершения каждой стадии спрединга с периодическим изменением пространственной позиции его оси; с поставкой рудных компонентов ювенильными газами в процессе переработки океанской коры, вызвавшими образование наложенных вулканических хребтов в различные интервалы времени от раннего мела до плейстоцена [2, 5].

В одном из крупных рудоносных районов в центральной части Тихого океана суммарная мощность четырех горизонтов в отложениях верхнего мела-эоцена и олигоцен-неогена достигает 85 м. По условиям залегания и распространения рудоносных горизонтов здесь установлены четыре типа тектонических блоков: без обогащения осадочного чехла рудными компонентами; со сложной моделью рудоносности на разных уровнях, включая поверхностные поля железомарганцевых конкреций; с аналогичной второ-

му типу моделью рудоносности, но без поверхностных полей железомарганцевых конкреций; с поверхностными полями железомарганцевых конкреций, но без рудоносных горизонтов в осадочном чехле. Такие же типы блоков развиты и в других районах океанов (рис. 3).

Формирование рудоносных горизонтов происходило преимущественно при низкотемпературной гидротермальной активности и контролировалось взаимосвязанными событиями спрединга и внутриплитового вулканизма. Высокая концентрация металлов (Mn 28—35 %, суммы Cu, Ni, Zn и Co 2,5—3,3 %) в этих горизонтах совпадает с периодами наибольшей скорости спрединга и повышенной интенсивности внутриплитового вулканизма. Гидротермальная активность, обусловленная спредингом и вулканизмом, оказывается длительной во времени. Это устанавливается во многих случаях по апофизам высокого теплового потока, совпадающим с отдельными трансформными разломами. Последние по этому признаку подразделены на рудоконтролирующие и нерудоконтролирующие. Первые иногда ограничивают блоки океанской коры, где поля поверхностных железомарганцевых конкреций залегают непосредственно в кровле разновозрастных рудоносных горизонтов в осадочном чехле. При этом процесс конкрециобразования был неравномерным во времени и пространстве с увеличением его интенсивности в олигоцен-плейстоцене. Древние (позднеюрско-эоценовые) горизонты с макро- и микроконкрециями тяготеют к мезозойским осям спрединга, обрамлению вулканических хребтов и продолжениям трансформных разломов. Не исключено, что формирование конкреций происходило в древние эпохи лишь на поднятиях дна океана, где седиментация сопровождалась интенсивной гидротермальной активностью.

В широком аспекте рудоносные горизонты в осадочном чехле океанов представлены двумя крайними типами: минералогеническим обогащением осадка металлами и протяженными стратиформными телами, возможно, отвечающими понятию месторождения. Тихий океан занимает приоритетное положение по отношению к Индийскому и Атлантическому океанам по числу скважин, вскрывших рудоносные горизонты, их мощности и геохимической специализации.

Новый вид океанского рудогенеза — стратиформные рудные тела в осадочном чехле, выделенные в результате выполненного анализа [2], характеризуется минимумом в 20 районах совпадением кровли верхнего рудного горизонта с поверхностью морского дна. Подобные условия залегания определяют не только теоретическое, но и практическое значение этого вида рудогенеза и дают возможность для организации в будущем

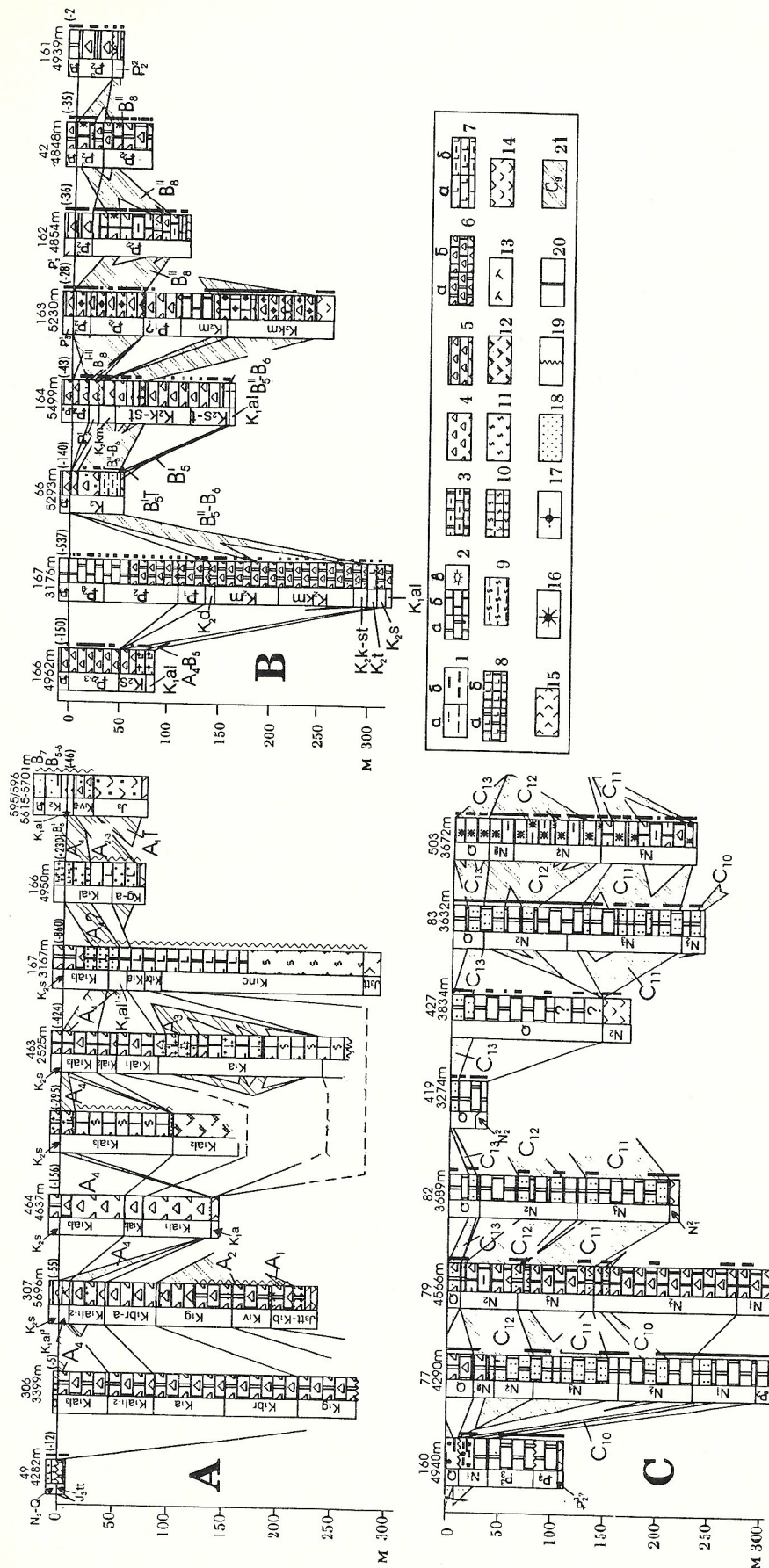


Рис. 2. Схемы сопоставления разрезов скважин глубоководного бурения (составили Д.К.Баскакова, О.В.Васильева, А.Н.Вирта):

А — верхнеюрско-нижнемеловой комплекс в западной части Тихого океана; В — верхнемеловой-эоценовый комплекс на востоке Тихого океана; С — олигоцен-неогеновый и плейстоцен-голоценовый комплексы в центральной части Тихого океана; Формации: 1 — терригенная (а — уплотненная, б — уплотненная); 2 — карбонатная (а — уплотненная, б — уплотненная, в — рифовая); 3 — карбонатно-терригенная; 4 — кремнистая; субформации: 5 — терригенно-кремнистая, 6 — карбонатно-кремнистая (а — уплотненная, б — уплотненная), 7 — смешанная терригенно-карбонатно-кремнистая; вулканогенно-осадочные субформации: 8 — терригенная, 9 — карбонатная (а — уплотненная, б — уплотненная); олигоцен-эоценовые субформации: 10 — терригенная, 11 — карбонатная, 12 — вулканогенная; вулканогенные субформации: 13 — щелочная базальт-андезитовая, включая трахиты, 14 — габброидная, включая диабазы, 15 — толеитовая, 16 — вариолитовых базальтов; рудосность: 17 — макроконкреции, 18 — микроконкреции, 19 — рассеянные проявления рудосности марганца (обломки, корки, дендриты, окрашивание и т.д.); 20 — фации трещин и склонов подводных хребтов; 21 — интервалы отбора керна; 22 — корреляция рудосности горизонтов; цифры на рисунке: в числителе — номер скважины, в знаменателе — глубина воды в точке бурения (в м), в скобках — глубина кровли J_3 — K_1 или K_2 — P_2 комплекса от поверхности морского дна (в м)

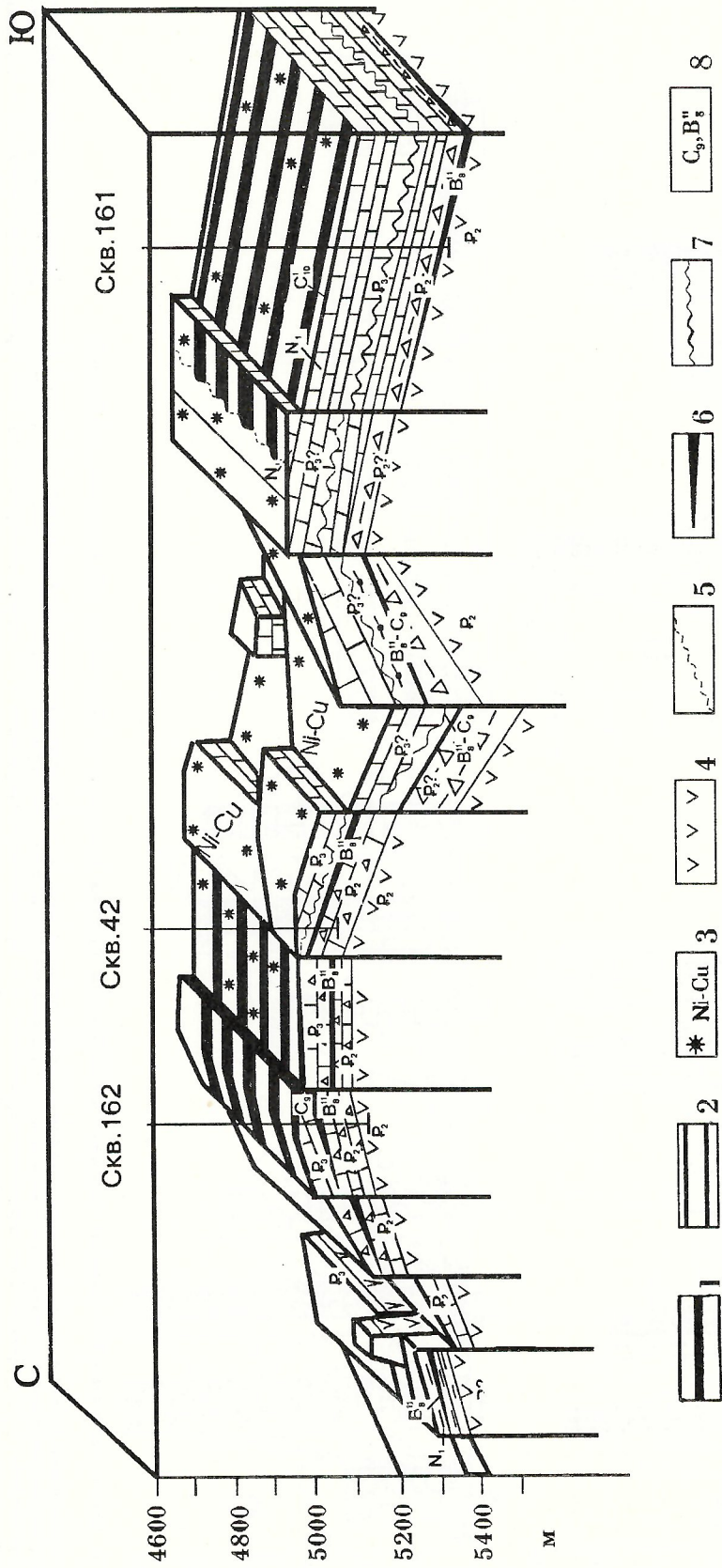


Рис. 3. Меридиональный объемный геологический разрез по линии скв. 162—42—161:

1 — погребенные рудоносные горизонты; 2 — области выходов погребенных рудоносных горизонтов на поверхность морского дна; 3 — поля железо-марганцевых конкреций с указанием геохимической специализации; 4 — толеитовые базальты; 5 — предполагаемое распространение кровли рудоносного горизонта на поверхности морского дна; 6 — зоны выклинивания рудоносных горизонтов; 7 — несогласия; 8 — индексы рудоносных горизонтов

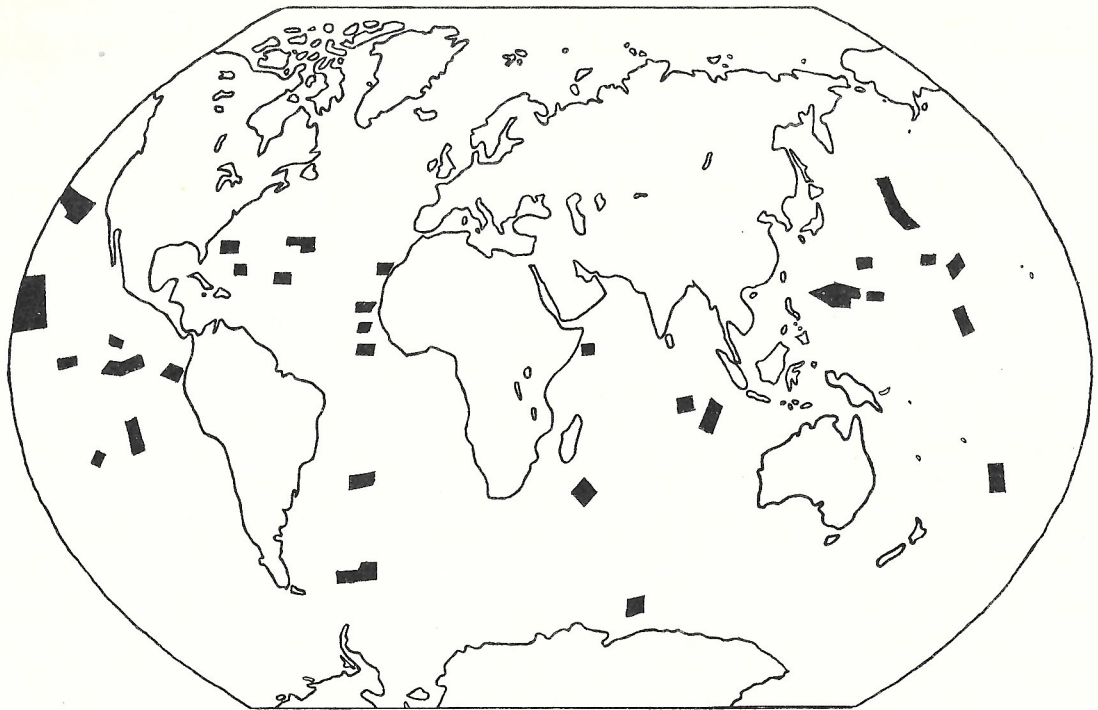


Рис. 4. Схема размещения районов, перспективных для изучения стратиформных руд, где кровля верхнего рудоносного горизонта совпадает с поверхностью морского дна (по данным глубоководного бурения)

вполне рентабельных добычных работ (рис. 4).

Дальнейшая детализация строения четырех наиболее перспективных районов в Тихом океане (Кларин-Клиппертон, Галапагосский хребет, поднятие Шатского, север Филиппинского моря) с составлением карт м-ба 1:5 000 000 — 1:2 000 000 и подсчетом потенциальных ресурсов была выполнена после завершения составления атласа [1, 2]. Потенциальные ресурсы металлов оцениваются от десятков до сотен миллиардов тонн. Общая их стоимость более 100 трлн. долл. США.

В заключение можно отметить, что наиболее важные направления дальнейшей стратегии морских геолого-геофизических работ и научных исследований на перспективу до 2010 г. определяются следующим:

изучением строения высокоперспективных для поисков месторождений углеводородов районов глубоководных котловин океанов и краевых морей, находящихся вне национальной юрисдикции;

детализацией строения четырех, указанных выше, высокоперспективных районов для разведки и разработки стратиформных рудных залежей в Тихом океане;

изучением строения других перспективных на стратиформные рудные залежи районов в Индийском и Атлантическом океанах;

продолжением изучения традиционных видов полезных ископаемых в Мировом океане (железо-марганцевые конкреции и корки, массивные сульфидные руды и др.);

выполнением комплексных исследований

по сравнительной оценке концентраций ресурсов полезных ископаемых в отдельных районах океанов и морей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас карт «Геология и минерагения позднеюрско-четвертичного осадочного чехла в океанах и на континентах» / Под ред. Грамберга И.С., Исаева Е.Н., Левина Л.Э. и др. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1993.
2. Геология и минерагения позднеюрско-четвертичного осадочного чехла в океанах и на континентах // Под ред. Грамберга И.С., Исаева Е.Н., Левина Л.Э. и др. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1993.
3. Гулиев И.С., Павленкова Н.И., Раджабов М.М. Зона регионального разуплотнения в осадочном бассейне Южно-Каспийской впадины // Изв. АН Азербайджанской ССР. Серия наук о Земле. 1987. № 6. С. 111—116.
4. Еременко Н.А., Левин Л.Э. Методика составления карты // Нефтегазосность и угленосность Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана. М., 1978. С. 7—18.
5. Левин Л.Э., Варенцев И.М., Баскакова Д.К., Вирта А.Н. Рудоносность осадочного чехла Тихого океана и ее связь со спредингом и вулканизмом // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1987. Т. 62. Вып. 4. С. 3—17.
6. Хаин А.Е., Левин Л.Э. Тектоническая карта Мира м-ба 1:25 000 000. — М.: НИЛзарубежгеология, 1978.
7. Brune J.N., Curray J., Dorman L., Raitt R. A proposed super-thick sedimentary basin. Bay of Bengal. Geophys. Res. Lett., 1992. Vol. 19. N 6. P. 565—568.
8. Daragan-Suschova L.A., Pavlenkin A.D., Stepanov S.V. Model of the Earth crust for the Barents megatrough. Abs. XXI General Assembly IUGG. 1995. Vol. Week B. P. B92.
9. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. Washington. US Government Printing Office. 1969—1985. Vol. 1—96.
10. Masters Ch.D., Root D.H., Attanasi E.D. World resources of crude oil and natural gas. 13 World Petroleum Congress. Topic 25, 1991. John Wiley and Sons Ltd. England. P. 14.

Среднерусский авлакоген — тектонический трансфер в системе Прикаспийской и Баренцевоморской нефтегазоносных впадин

Д.Л. ФЕДОРОВ, С.Л. КОСТЮЧЕНКО, Л.Н. СОЛОДИЛОВ

Проблема поисков новых сырьевых баз нефтегазодобычи в России неразрывно связана с оценкой перспектив нефтегазоносности пери- и внутрикратонных бассейнов Восточно-Европейской платформы: Мезенской и Московской синеклиз, Пачелмского авлакогена, Предуральяского прогиба и др. Значительный интерес в этом аспекте, несомненно, вызывает Московская синеклиза. Она имеет выгодное географическое положение в системе экономически развитых регионов европейской части страны, но, тем не менее, относится к категории слабо изученных структур с низкой степенью промышленного освоения. Осуществленные в 40-е и 50-70-е годы геолого-геофизические и нефтегазописковые работы позволили выявить лишь региональные особенности строения рельефа поверхности фундамента и осадочного чехла. К наиболее важным результатам относятся выделение в осевой части бассейна системы докембрийских грабенообразных прогибов, формирующих Среднерусский авлакоген, и установление несоответствия структурных планов додевонских и вышележащих осадочных комплексов. Выполненные за эти периоды объемы геологоразведочных работ явно недостаточны для решения нефтегазовых задач, а многие негативные моменты в их реализации усугубили и без того отрицательную оценку углеводородного потенциала региона. При этом наименее изученными оказались рифей-вендские отложения, которые изначально не рассматривались в качестве перспективного объекта и были вскрыты ограниченным числом скважин и крайне слабо освещены геофизической информацией.

Переориентация в конце 80-х — начале 90-х годов федеральных интересов на углубленное изучение природных богатств российских территорий в условиях новых экономических требований, в частности касающихся рентабельности эксплуатации малых месторождений, расположенных в промышленно развитых районах, обусловила развертывание широкомасштабных комплексных геолого-геофизических исследований в центральных районах Восточно-Европейской платформы. Наибольшее развитие и практическое применение получила программа изучения перспектив нефтегазоносности рифей-вендских седиментационных комплексов Русской плиты.

Объектами программы являются прежде всего Мезенский и Московский осадочные бассейны, выполненные значительными по мощности рифейскими и вендскими отложениями. Отсутствие в них установленных

промышленных скоплений углеводородов обуславливает необходимость научно-теоретического обоснования возможности их наличия и обнаружения. Условия генерации, миграции и накопления углеводородов связаны с масштабностью формирования осадочных толщ (нефтематеринских или аккумулярующих) и геотермическим режимом, определявшим степень прогресса и преобразования рассеянного органического вещества. В свою очередь, эти процессы контролировались тектоническими обстановками, существовавшими в период развития конкретных геологических структур. В этом аспекте представляется рациональным классифицировать геотектоническую принадлежность основных периодов эволюции исследуемых осадочных бассейнов и рассмотреть их положение в системе сходных элементов с установленной промышленной нефтегазоносностью. В настоящей работе основное внимание уделяется ранней, докембрийской, истории развития регионов с позиции вероятности обнаружения залежей углеводородов в рифей-вендских комплексах.

В пределах российской части Восточно-Европейской платформы в структуре чехла Русской плиты выделяются несколько крупных осадочных бассейнов, в строении которых участвуют рифейские и вендские отложения: Мезенская и Московская синеклизы, Камско-Бельская впадина, Пачелмский авлакоген и Прикаспийская мегавпадина. Основные геолого-геохимические предпосылки возможной нефтегазоносности этих толщ и обоснование нефтегазового потенциала сформулированы в работе Д.Л.Федорова и др. [25]. Следует акцентировать внимание на наличии отдельных прямых признаков в рифейских и вендских горизонтах Московской синеклизы и полупромышленных и непромышленных залежах нефти в различных песчаных пачках венда в пределах Камско-Бельской впадины.

Структурно-тектонический анализ глубинных и площадных геолого-геофизических материалов, характеризующих строение Мезенского, Московского, Пачелмского и Прикаспийского осадочных бассейнов, свидетельствует об их принадлежности на ранних стадиях развития к региональному Мезенско-Нижневожжскому дивергентному поясу.

Геотектоническая позиция *Мезенской впадины* раскрывается в особенностях рельефа поверхности фундамента, распределении скорости и плотности в земной коре, гипсометрии и физических свойствах кровли мантии.

В рельефе фундамента [12] в западной части синеклизы обособляется периферий-

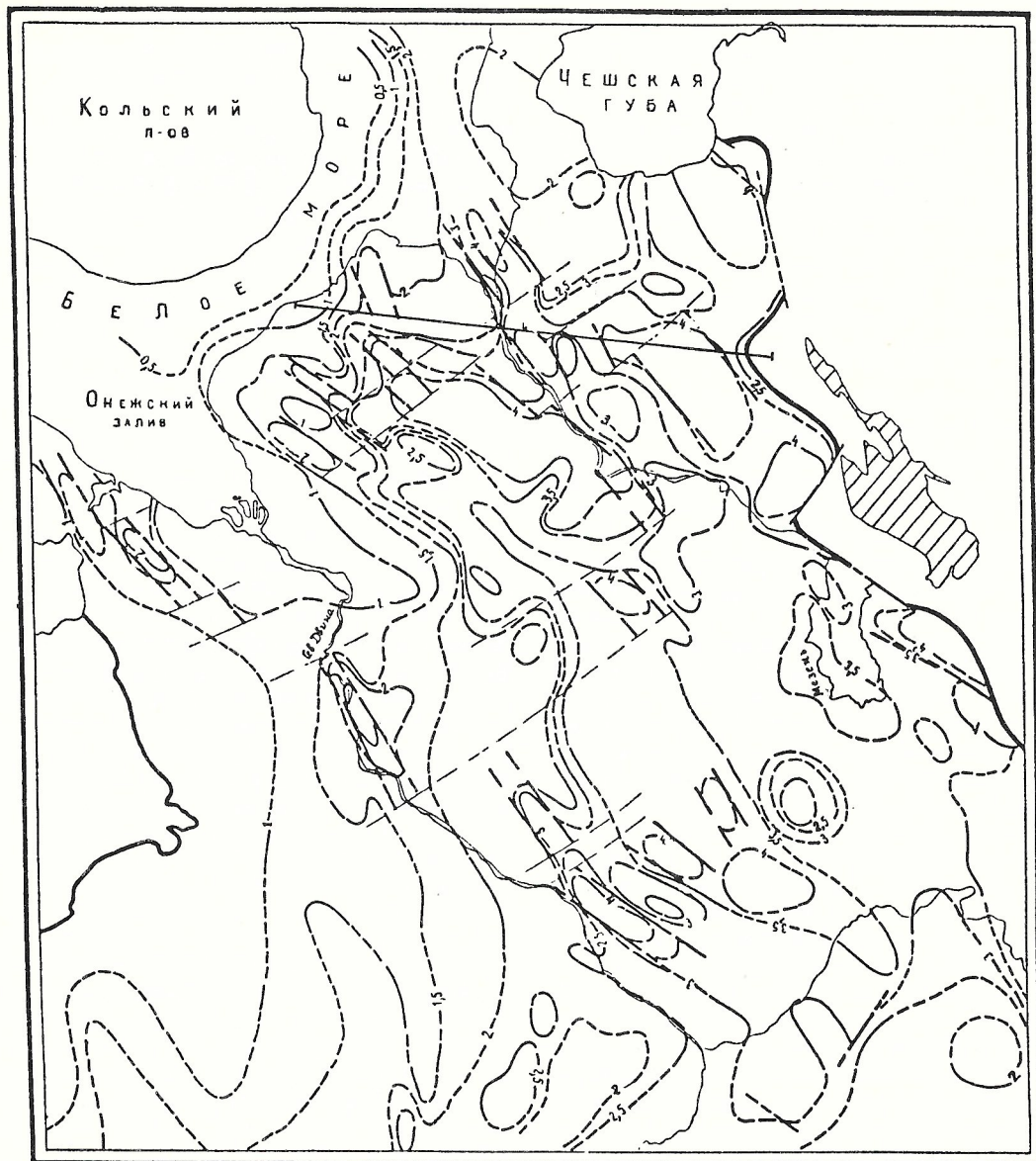


Рис. 1. Схема рельефа поверхности фундамента Мезенской синеклизы:

1 — изогипсы дорифейского фундамента прослеженные и предполагаемые, км; 2 — рельефообразующие и трансформные разломы; 3 — профиль МГЗ, см. рис. 2; 4 — граница синеклизы; 5 — выходы на земную поверхность рифейских образований на Тиманском кряже

ная область регионального моноклинального погружения со стороны Балтийского щита до глубин 1,5—2 км, известная под названием моноклизы Ветренного пояса (рис. 1). Вдоль ее восточной границы располагается система Онежских (в пределах Онежского полуострова), Среднедвинского (в районе среднего течения р. Северная Двина) и Томского (на юге синеклизы) грабенов амплитудой 1—1,5 км. Грабены отделены друг от друга, но, по-видимому, принадлежат единой рифтогенной зоне северо-западно—юго-восточного простирания. Онежские и Среднедвинский грабены отделяют моно-

клизу от крупного Архангельского поднятия, апикальная часть которого с отметками менее 1 км приходится на область устья р. Северная Двина и Северодвинского залива Белого моря. К юго-востоку от горловины Белого моря находится Золотицкое поднятие, состоящее из более мелких Золотицкого и Чубальского горстообразных выступов, сопряженных с Керецким, Падунским и Елдомским грабенами. Простирание горстовых и грабеновых структур северо-западное. Грабены в юго-восточном направлении раскрываются в область глубокого залегания фундамента.

На севере бассейна обособляются приподнятые по отношению к центральным районам Кулойская и Несская структуры, разделенные Усть-Мезенским прогибом. Они имеют изометричные формы и плоские вершины с отметками около 2—2,5 км. Близость геометрических черт указывает на их принадлежность к первоначально единому обширному воздыманию, впоследствии разделенному на два выступа рифтогенной структурой. Усть-Мезенский грабен характеризуется глубиной более 4 км и северо-северо-западным до субмеридионального простиранием.

Центральная область Мезенской синеклизы представлена сложно построенной крупной депрессией с глубинами 4 км и более. Она образована Лешуконско-Пинежской (западной) и Пешско-Сафоновской (восточной) зонами, разделенными Мезенско-Вашкинским поднятием. В строении западной зоны участвуют Лешуконский и кулисовидно подстраивающий его с юга Пинежский прогибы. В осевой части Лешуконского прогиба выделяются Кепинский и Азопольский грабены с отметками глубже 4 км. С севера в него «входит» Елдомский грабен, а на юго-восточном окончании располагается Пылемский. В Пинежском прогибе прослеживается серия локальных отрицательных элементов, наиболее крупные из которых Курмышский, Усть-Выйский и Верхнепинежский грабены. На северо-западе замыкается Шикшинский, а на юго-востоке Осинский прогибы. Грабеновые элементы Лешуконского и Пинежского прогибов составляют рифтогенную систему начальной стадии развития западной депрессионной зоны.

Пешско-Сафоновская зона прогибания включает Пешский и Сафоновский прогибы. Сафоновский прогиб имеет грабеновую морфологию поверхности фундамента и глубину 4—4,5 км. Локализован он в восточной притиманской части синеклизы и ориентирован в северо-западном направлении. Пешская впадина располагается к северо-востоку от Сафоновской структуры и отличается более спокойными формами рельефа дочехольного субстрата.

Мезенско-Вашкинская приподнятая зона характеризуется отметками фундамента менее 2—3 км. Северная (Мезенская) часть ее представлена линейным высокоамплитудным горстом субмеридионального простирания. В южном направлении поднятие приобретает пологие формы и разделяется локальной Косланской впадиной (в низовье р. Мезень) на две ветви: Койнасскую (восточную) и Вашкинскую (западную).

В предтимаанской юго-восточной части региона обособляется Вычегодский прогиб — наиболее глубокая структура Мезенской синеклизы. Поверхность фундамента погружается в ней до 6 км и более. На юге провинции располагается резко дискордантный по ориентировке (ЮЗ—СВ) к осталь-

ным элементам Мезенского бассейна Сухонский прогиб. В осевой его части предполагается северо-восточное продолжение Среднерусского авлакогена, являющееся стержневой структурой Московской синеклизы.

Грабеновые структуры фундамента и развитые над ними области крупных прогибаний выполнены терригенными комплексами рифея-венда, маркирующими возраст активных тектонических событий. Детальное расчленение отложений и определение их генетических типов крайне затруднены вследствие ограниченного числа скважинного материала. Среднерифейские красноцветные кварцевые песчаники мощностью 100—186 м вскрыты Котласской и Яренской скважинами. Литологически сходные и, по-видимому, одновозрастные отложения (334 м) установлены в Ненокской скважине. Наиболее мощная (около 2000 м) песчано-глинистая сероцветная толща, относимая к верхнему рифею (вирюгская свита), найдена скв. Усть-Няфта. Вендские отложения трансгрессивно перекрывают разновозрастные комплексы рифея и эродированные выступы кристаллического фундамента, полностью нивелируя более древний структурный план. В Мезенском бассейне их мощность достигает 1,5 км. Выделяются они в валдайскую серию поздневендского возраста, сформировавшуюся в прибрежно-морской обстановке с признаками глубоководной седиментации в нижних частях разрезов [25].

На геолого-геофизических разрезах земной коры по данным многоволнового глубинного зондирования (МГЗ), выполненного Центром ГЕОН, и составленных на их основе комплексных моделях литосферы прослежены геолого-геофизические неоднородности, иллюстрирующие глубинные рифтовые механизмы формирования Мезенской синеклизы (С.Л. Костюченко, А.В. Егоркин, 1994).

Тектоническое растяжение выражается в грабенообразных погружениях фундамента, во встречном подъеме поверхности Мохоровичича и, как следствие, в локальном утонении консолидированной коры, наличии зон базификации ее нижних горизонтов и проникновений в кору магматических масс мантийного происхождения. На комплексном разрезе земной коры вдоль профиля МГЗ Мурманск—Кызыл (рис. 2) в северной части Мезенской синеклизы в области развития Усть-Мезенского, Вирюгского и Сафоновского грабенов наблюдается прогибание консолидированного основания до 4,5 км. В рельефе поверхности Мохоровичича в этом районе фиксируется подъем амплитудой около 5 км. Геометрические изменения сопровождаются уменьшением скоростных (на 2,2 км/с) и плотностных (на 0,1—0,3 г/см³) параметров верхних горизонтов консолидированной коры, что свидетельствует о тектоническом разрушении (переработке) подчехольных кристаллических комплек-

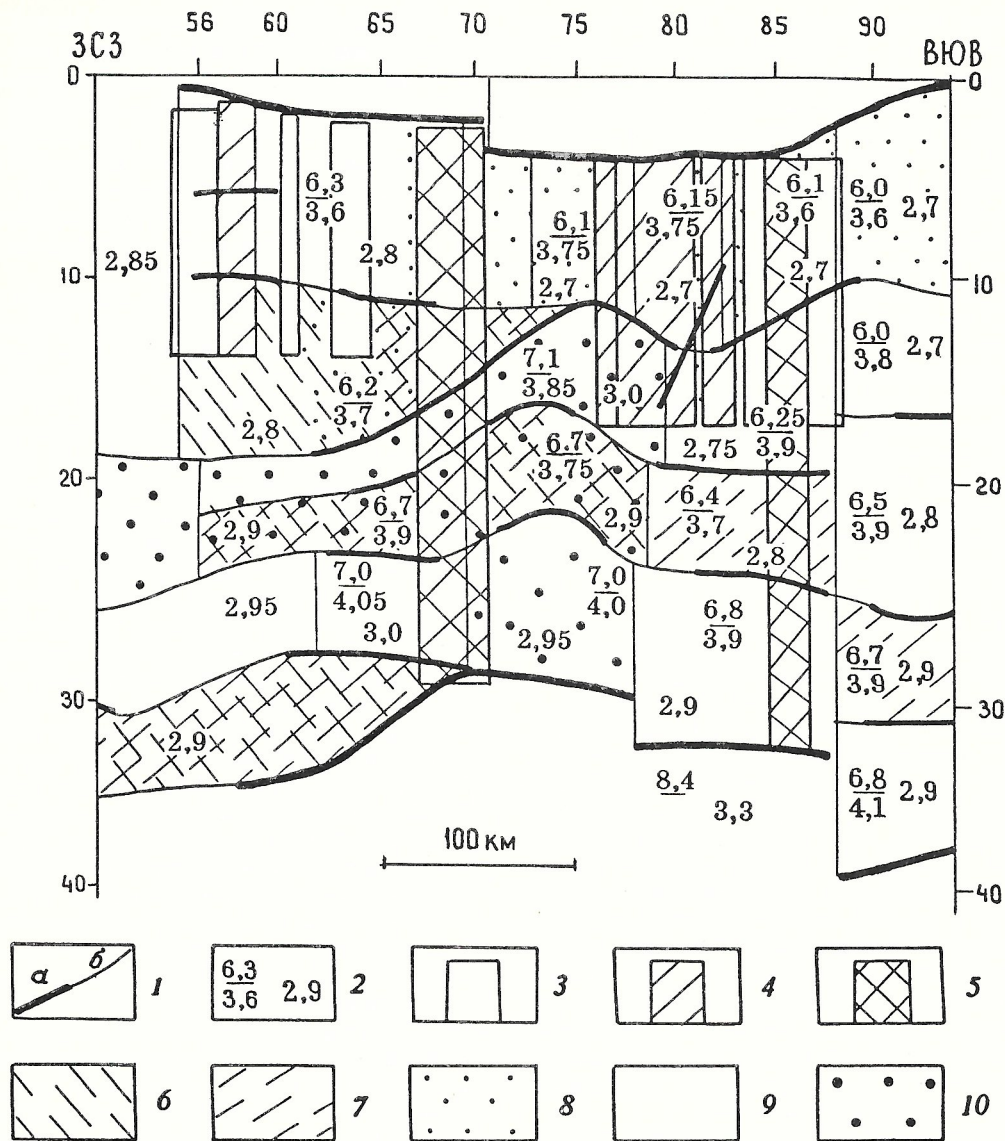


Рис. 2. Комплексная модель земной коры по профилю Мурманск—Кызыл:

1 — сейсмоплотностные разделы (*a* — участки прослеживания сейсмических границ, *b* — расчетные поверхности по решению прямой задачи); 2 — скорость продольных (числитель) и поперечных (знаменатель) волн, км/с (*a*), плотность, г/см³ (*b*); магнитоактивные (магматические) тела с различной степенью намагниченности, 10⁻⁶ ед. СГСМ: 3 — менее 1500, 4 — 1500—2500, 5 — более 2500; сейсмические волноводы по данным волн: 6 — продольных, 7 — поперечных; содержание SiO₂, %: 8 — более 65, 9 — 55—65, 10 — менее 55

сов. В низах коры, наоборот, возрастают сейсмоплотностные значения (до 7 км/с и 2,95—3 г/см³), что позволяет предположить проникновение в ее нижние горизонты мантийных высокоскоростных и высокоплотных магматических образований. Фронтальный характер увеличения физических свойств указывает на рассеянный тип коровой проницаемости [1].

Прогнозное содержание кремнезема, рассчитанное по соотношению скоростей продольных и поперечных сейсмических волн, в зоне рассеянного проникновения составляет менее 55 %, что в комплексе со скоростными и плотностными параметрами говорит о крупномасштабной переработке низов

коры мантийными образованиями вплоть до ее полной базификации. Масштабы магматического насыщения средней части коры косвенно подчеркиваются поведением сейсмических границ, которые локально воздымаются над областью тектоно-магматической переработки (см. рис. 2). Над участком нижнекоревой базификации прогнозируется накопление магматических масс с формированием крупного палеоочага. Обоснованием для его выделения служат высокие скорости продольных (7,05—7,08 км/с) и поперечных (3,82—3,86 км/с) волн, плотности, превышающие 2,9 г/см³, и низкое (менее 52,5 %) содержание кремнезема. Мощность очага по вертикали составляет

5—7 км, протяженность по профилю около 200—250 км. В бортовых участках зоны утонения консолидированной коры по результатам трехмерного магнитометрического моделирования прогнозируются субвертикальные магматические внедрения, протягивающиеся от кровли мантии до поверхности фундамента.

В пределах синеклизы глубина до поверхности Мохоровичича изменяется от 42 до 28 км [12]. Наиболее приподнятое ее залегание (менее 30 км) отмечается в бассейне нижнего течения р. Мезень в районе Усть-Мезенского грабена. В области Сафоновского прогиба воздымание достигает 34 км, под Среднедвинским грабеном — около 35 км. Локальные поднятия до 36 км фиксируются под южным окончанием Пылемского грабена, в области развития Тоемского, Верхнепинежского и Елвинского грабенов. В области Сухонского прогиба кровля мантии залегает на глубине 38 км. Во всех перечисленных случаях происходит значительное сокращение мощности консолидированной коры (до 35—28 км и менее) при обратном соотношении морфологии фундамента и кровли мантии, свидетельствующем о рифтовых условиях формирования. Примечательно, что зоны утонения коры в области Среднедвинского, Елдомского, Кепинского, Азопольского, Усть-Мезенского, Сафоновского и ряда других грабенов характеризуются повышенными скоростными параметрами (8,4 км/с и более) верхнемантийных образований, которые могут отвечать реститовым остаткам магматических подкоровых палеорифтовых «подушек». Сохранение до настоящего времени рифтовых признаков свидетельствует о высокой энергетической обеспеченности и значительных масштабах рифтовой переработки коры.

В современном разрезе Пешского прогиба не обнаружено характерных признаков рифтового генетического механизма. Поверхность Мохоровичича в его пределах не испытывает встречного воздымания, а слабо моноклинально погружается по направлению к Тиману с 38 до 40 км. Утонение коры здесь не выражено или было затусовано последующими преобразованиями.

В обобщенном виде докембрийская тектоническая модель Мезенского осадочного бассейна представляется в виде рифтовой провинции, включающей систему рифтовых зон субмеридионального и северо-западного простирания — Онежско-Тоемскую, Лешуконско-Пинежскую, Усть-Мезенскую и Сафоновскую [12]. Составляющие их рифтовые элементы сочленяются друг с другом через системы трансформных разломов преимущественно субширотной ориентировки. Рифтовый этап развития предопределил формирование крупных позднепротерозойско-раннефанерозойских линейных депрессий — Лешуконского, Пинежского и Сафоновского прогибов. Пострифтовому прогиба-

нию территории способствовало накопление значительных объемов магматических образований в средней части коры, нарушивших изостатическое равновесие в литосфере.

Особенности строения и эволюционный характер *Московской синеклизы* отражают новые данные МГЗ, полученные Центром ГЕОН в 1993—1994 гг., и осуществленные на их базе комплексные структурные и геодинамические построения.

По линиям региональных профилей МГЗ (А.В.Егоркин и др., 1994), пересекающих синеклизу вкrest ее простирания, поверхность фундамента имеет ундулирующие формы рельефа и зафиксирована на глубинах от 1,4—2 км на бортах геоструктуры до 4,5 км в ее наиболее погруженной средней части. Консолидированная часть коры имеет сложное линзовидно-слоистое строение с мозаичным распределением скоростей продольных и поперечных волн при их общем возрастании от кровли к подошве соответственно от 6 до 7,3 км/с и от 3,45 до 4,1 км/с (рис. 3). С глубины 8—10 км отмечается преобладание повышенных значений скоростных параметров в центральной наиболее прогнутой области геоструктуры, которое может быть связано с насыщением коры магматическими массами основного состава. Поверхность Мохоровичича в пределах синеклизы и прилегающих с севера районах южного склона Балтийского щита располагается на отметках 40—42 км, в то время как на юге под Токмовским сводом Волго-Уральской антеклизы наблюдается на уровне 46—47 км. Утонение консолидированной части земной коры вследствие погружения поверхности фундамента и встречного подъема кровли мантии, а также присутствие в ее осевой зоне высокоскоростных консолидированных масс (возможно, связанных с внедрениями мантийных пород основного состава) свидетельствуют о наличии рифтовой стадии в ее эволюции.

Схема рельефа фундамента региона (рис. 4), составленная с учетом новых данных МГЗ и осуществленных на их основе увязочных работ и обобщения ранее полученной информации КМПВ, ТЗ МПВ, глубокого бурения, а также количественных расчетов гипсометрии верхних кромок магнитовозмущающих масс [13], отличается от ранее выполненных построений [3, 22; Ю.Т.Кузьменко и др., 1973, 1981 и др.]. Принципиальным является детализация структуры Среднерусского (Солигаличского) авлакогена. В его пределах прослеживается система кулисообразно расположенных узких (10—20, реже до 40 км) линейных (40—60 до 160 км) локальных грабенов северо-северо-восточной ориентировки. Глубина прогибов, как правило, 4—4,5 км. Бортовые участки многих из них по сейсмо-бароведочным данным представлены сбросовыми нарушениями амплитудой 0,5—1 км. В крайней северо-восточной части синекли-

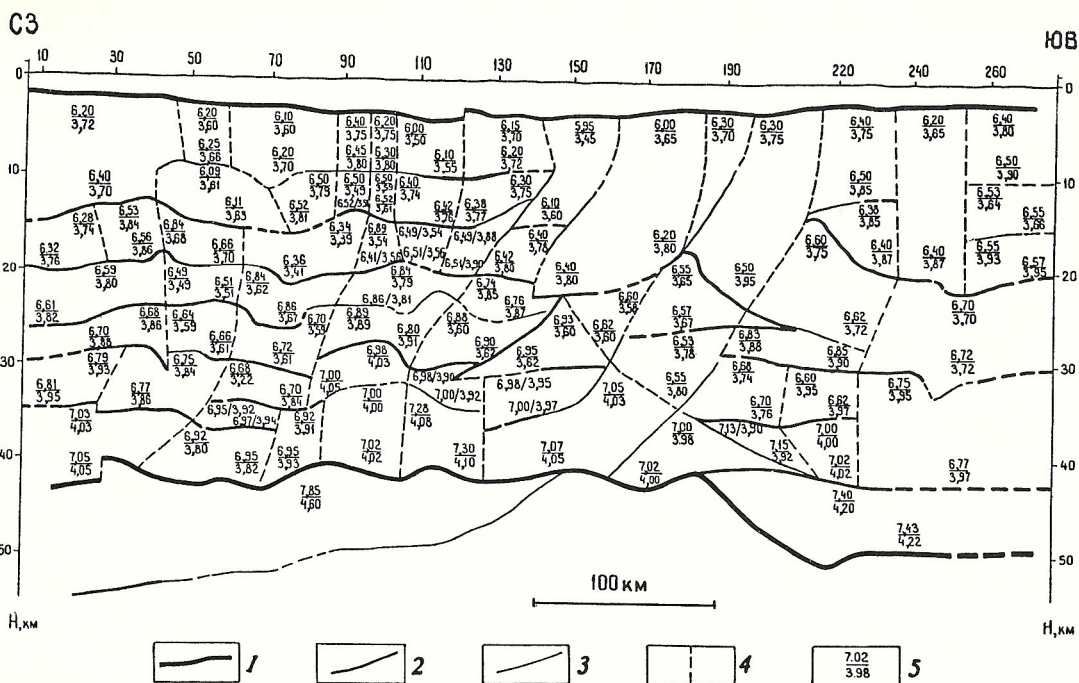


Рис. 3. Глубинный сейсмический разрез земной коры Московской синеклизы и прилегающих районов Восточно-Европейской платформы по профилю МГЗ Белозерск—Семеновск:

1 — поверхности фундамента и Мохоровичича; сейсмические границы: 2 — по комплексу волн, 3 — по одному типу волн; 4 — границы скоростных неоднородностей по результату математического моделирования; 5 — скорость продольных (числитель) и поперечных (знаменатель) сейсмических волн, км/с

зы обособляется Зеленцовский прогиб глубиной до 3,5 км. Западный располагается Рослятинский (Ю.Т.Кузьменко и др., 1973) грабен с отметками до 4—4,5 км и протяженностью около 170 км. Ранее выделявшийся Солигаличский трог расчленен на локальные Толшемский (более 5 км), Солигаличский и Стекляно-Озерский (около 4,5 км) грабены. Последний к юго-западу переходит в Любимский прогиб (менее 4 км). На юге области намечаются Сусанинский и Сельцовский локальные прогибы глубиной до 4 км (выделение их базируется только на данных одного профиля МГЗ и нуждается в дополнительном обосновании). Находящаяся на западе синеклизы Крестцовская троговая зона подразделяется на западную Валдайскую, среднюю Бологоевскую и восточную Косьминскую локальные впадины (Ю.Т.Кузьменко и др., 1973).

Грабены Московского (Среднерусского) бассейна выполнены позднепротерозойскими терригенными образованиями. По данным работы [8], основанном на материалах А.Н.Гейслера (1959), М.А.Гарриса и др. (1973), В.В.Кирсанова (1970) и др., в Валдайском прогибе развиты средне-верхнерифейские отложения с вулканогенными образованиями основного состава, в то время как на востоке преобладают осадочные серии нижнего венда мощностью более 2700 м (скв. Рослятино). Р.Н.Валеевым [3] рослятинские образования отнесены к верхнему рифею, залегающему с большим перерывом и стратиграфическим несогласием на ниж-

нерифейских осадках каверинской серии. В последнее время наиболее распространены представления о раннерифейском [5], рифейском нерасчлененном [7], среднерифейском [16] или средне-позднерифейском [23] возрасте грабеновых элементов. Сложность установления возраста заключается не только в ограниченном количестве каменного материала, но и в трудности сопоставления геологических разрезов глубоких скважин. Последнее обстоятельство представляется немаловажным для подтверждения развиваемой точки зрения об отсутствии единой троговой области осадконакопления, а наличии отдельных разобщенных грабенов. Вендские отложения, как и в Мезенском бассейне, плащеобразно перекрывают комплексы прогибов и кристаллические породы фундамента, маркируя начало плитной стадии развития синеклизы.

Для геодинамических реконструкций важным моментом является приуроченность рифейских грабеновых прогибов (Любимского, Стекляно-Озерского, Солигаличского, Рослятинского и Зеленцовского) к области распространения высокоскоростных (6,4 км/с и более) комплексов в кровле фундамента. Развиты они в виде полосы северо-восточного простирания от Рыбинского водохранилища до района г. Великий Устюг. Концентрация здесь коровых магнитоактивных масс и положительное гравитационное поле позволяют идентифицировать скоростные неоднородности с комплексами вулканогенных пород основного состава и гра-

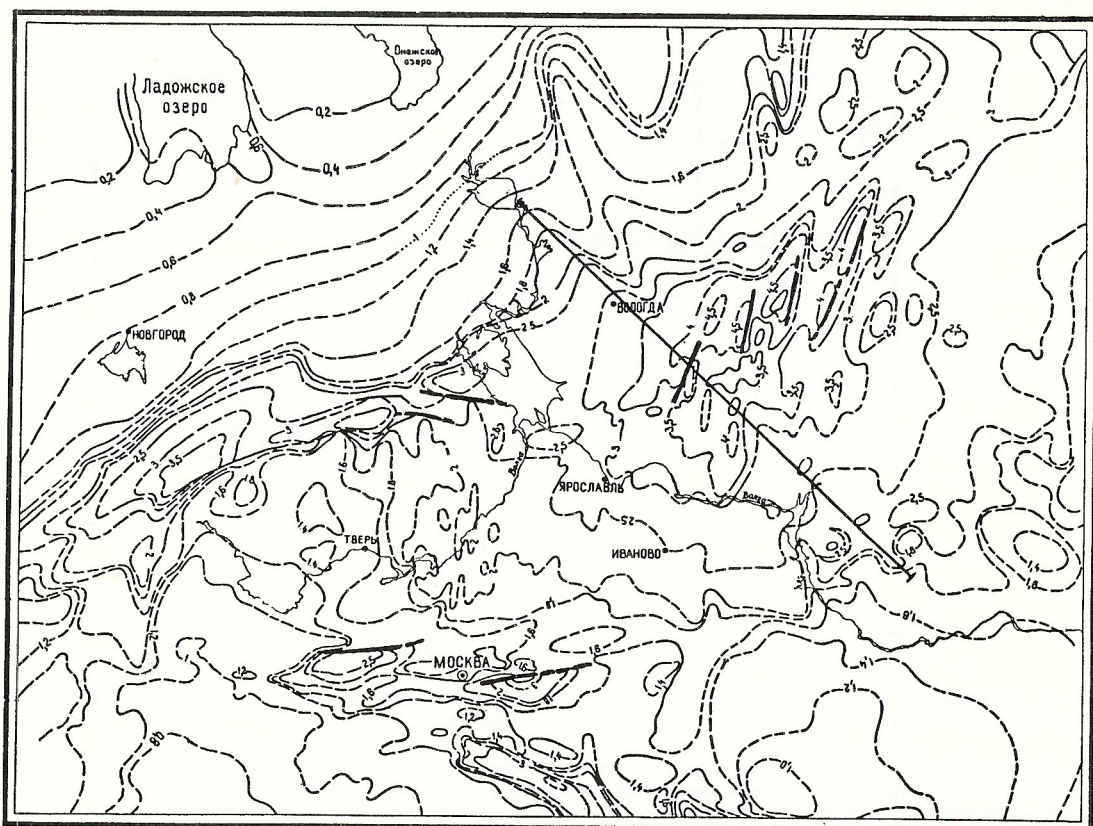


Рис. 4. Схема рельефа поверхности фундамента Московской синеклизы:

1 — изогипсы (*a* — уверенные, *b* — предполагаемые), км; 2 — наиболее выраженные рельефообразующие разломы; 3 — профиль МГЗ, см. рис. 3

нулитовой фации метаморфизма, характерных для чарнокит-гранулитовых поясов [15]. На восточном участке от г. Любин до г. Великий Устюг наличие пояса ранее прогнозировалось по гравимагнитным данным К.О.Кратцем и др. [14]. Подобные образования рассматриваются в качестве долгоживущих линейных сутур с повышенной термической и магматической проницаемостью и неоднократным возобновлением процессов тектоно-магматической активизации [9, 15, 27]. В позднем архее и раннем протерозое в пределах пояса могли возникать линейные проторифтовые структуры, сопровождаемые вспышками интрузивного и эффузивного магматизма [15].

Докембрийскую эволюцию Московской синеклизы с учетом данных по сопредельным районам можно подразделить на дорифейский и рифей-вендский циклы. Архей и ранний протерозой объединяют сложные преобразования земной коры, в т.ч. и возможные рифтогенные в зоне чарнокит-гранулитового пояса, завершившиеся становлением консолидированного субстрата будущего осадочного бассейна. В позднем протерозое резко активизировались процессы раздробления земной коры с формированием

линейных троговых структур, названных авлакогенами [2, 28]. Процессы растяжения наследовала тектоническая область чарнокит-гранулитового пояса, что вызвало утонение консолидированной части коры, прогибание ее кровли, подъем поверхности Мохоровичича и внедрения в кору базитового материала (с проникновением последнего в осадочные комплексы Валдайского грабена).

Заложение рифтовых трогов Московской синеклизы происходило в условиях дополнительных тектонических напряжений, о чем свидетельствует кулисообразный характер расположения локальных грабенов, имеющих косую, близкую к 45°, ориентировку по отношению к оси древнего пояса. Подобный структурный план дизъюнктивных структур отвечает схеме напряженного состояния в зоне простого сдвига на стадии формирования трещин отрыва [6]. На основании этих данных можно реконструировать субширотное направление субгоризонтальных перемещений. Источником напряжений, по-видимому, были зоны рифейского палеоспрединга Мезенской рифтовой системы [13]. В данной геодинамической модели Сухонский прогиб классифицируется в качестве трансформной структуры, что, в ча-

стности, согласуется с ее ортогональным положением по отношению к рифтовым поясам Мезенского региона, уменьшением в ее пределах средней скорости консолидированной коры (вследствие дизъюнктивной переработки) и эффекта анизотропии (до 0,2 км/с) в подкоровых горизонтах мантии. Принципиальным моментом является наличие генетической связи рифтового этапа развития Мезенского и Московского осадочных бассейнов.

Структуру и тектоническую позицию *Пачелмского авлакогена* можно восстановить со значительно меньшей степенью уверенности, чем Мезенского и Среднерусского бассейнов. Связано это с ограниченным объемом прямой геологической и сейсмической (ГСЗ, КМПВ, ТЗ МПВ, МОВ) информации и полным отсутствием глубинных данных по средней и южной частям авлакогена (материалы по обработанному еще во второй половине 80-х годов профилю ГСЗ «Гранит» до настоящего времени не опубликованы). Только в северной области Пачелмская структура пересекается профилями ГСЗ Липецк — Тума — Кинешма (исполнитель трест Спецгеофизика, 1966 г.) и МГЗ Тула — Инсар (Центр ГЕОН, 1994—1995 гг.).

Троговый тип морфологии поверхности фундамента Пачелмского авлакогена достаточно надежно реконструируется по материалам сейсмических исследований преломленными волнами в его средней и северной частях. Глубина залегания консолидированного основания в грабеновой долине достигает 4,5—5 км, в то время как на сопредельных приподнятых площадях Воронежского и Токмовского сводов не ниже 1,5 км. С центральной зоной авлакогена совпадает крупный региональный минимум силы тяжести, а по его юго-западному борту прослеживается интенсивная линейная положительная магнитная аномалия. В южном направлении в Саратовском Поволжье происходит вырождение рифтовой долины, сопровождаемое ее раскрытием в сторону Прикаспийской впадины и уменьшением глубины до 2—3 км.

Сейсмические материалы ГСЗ неоднократно интерпретировались разными авторами [4; Ю.Г.Юров, 1973]. Наиболее обоснованным вариантом разреза, по-видимому, является модель, построенная Ю.Г.Юровым [19], согласно которой поверхность Мохоравичича в северной, наиболее выраженной, отрицательной части геоструктуры залегает на отметках 45—47 км и характеризуется «нормальными» (8,15—8,20 км/с) скоростями. Примечательная особенность — отсутствие в консолидированной коре под зоной авлакогена каких-либо сейсмических границ и уменьшение скоростных параметров в ее верхней и средней толщах по сравнению с таковыми в сопредельных районах. Эти данные могут свидетельствовать об интенсивной тектонической нарушенно-

сти коры. Материалы многоволнового глубинного зондирования, полученные в этом же районе Центром ГЕОН (Е.Е.Золотов и др., 1995), указывают на локальное заглубление кровли мантии до 47 км со смещением к северо-восточному борту авлакогена и уменьшение скоростных параметров на 0,05—0,28 км/с в верхних и нижних горизонтах консолидированной коры (рис. 5). В совокупности с ранее полученными данными в разрезе уверенно прогнозируется наклонный (угол падения 40—45° к северо-востоку) глубинный разлом типа детачмента, выходящий на кровлю мантии. На основании приведенных данных механизм рифтообразования Пачелмского авлакогена соответствует модели Вернике.

Средне-верхнерифейский комплекс выполнения Пачелмского трога представлен толщей чередования кварцевых и полевошпатово-кварцевых песчаников и подчиненными объемами алевролитов и конгломератов [8]. Наиболее полный разрез вскрыт Сомовской опорной скважиной и имеет мощность 2079 м. Выше трансгрессивно залегают нижневендские отложения с различной представительностью в северо-западной и юго-восточной зонах прогиба (на юго-востоке развиты только низы комплекса). Это различные типы терригенных пород с карбонатными (доломиты, известняки, мергели) отложениями в нижней части разреза и тонкими разностями (алевролиты, аргиллиты) в верхних горизонтах. Суммарная мощность отложений превышает 500—650 м.

Итак, Пачелмский авлакоген, несмотря на индивидуальные особенности глубинного строения, является рифтогенной структурой и соответствует по возрасту (в рамках докембрийского геохронологического интервала) инициальным элементам Мезенского и Московского осадочных бассейнов.

Прикаспийская синеклиза относится к категории сверхглубоких осадочных бассейнов с мощностью чехольного выполнения 20 км и более. Традиционно она рассматривается как перикратонная структура Восточно-Европейской платформы. Однако необычно большие мощности осадков, включающие интенсивные солянокупольные структуры, утонение консолидированной части коры до 14—16 км и ее высокие скоростные параметры (6,5—7 км/с и более), а также аномально высокое положение кровли мантии (до 30 км) свидетельствуют об особом типе формирования депрессии. В.А.Соколовым [21], К.Е.Фоменко [26], Н.В.Неволиным [18], Л.П.Зоненшайном и др. [10] и др. в центральной области впадины предполагается наличие океанической коры. Рассматриваются варианты ее сохранения при коллизионных обстановках между Восточно-Европейской и Казахской континентальными плитами, Устюртской, Туранской и Северо-Кавказской микроплитами или новообразования вследствие рифтогенеза в

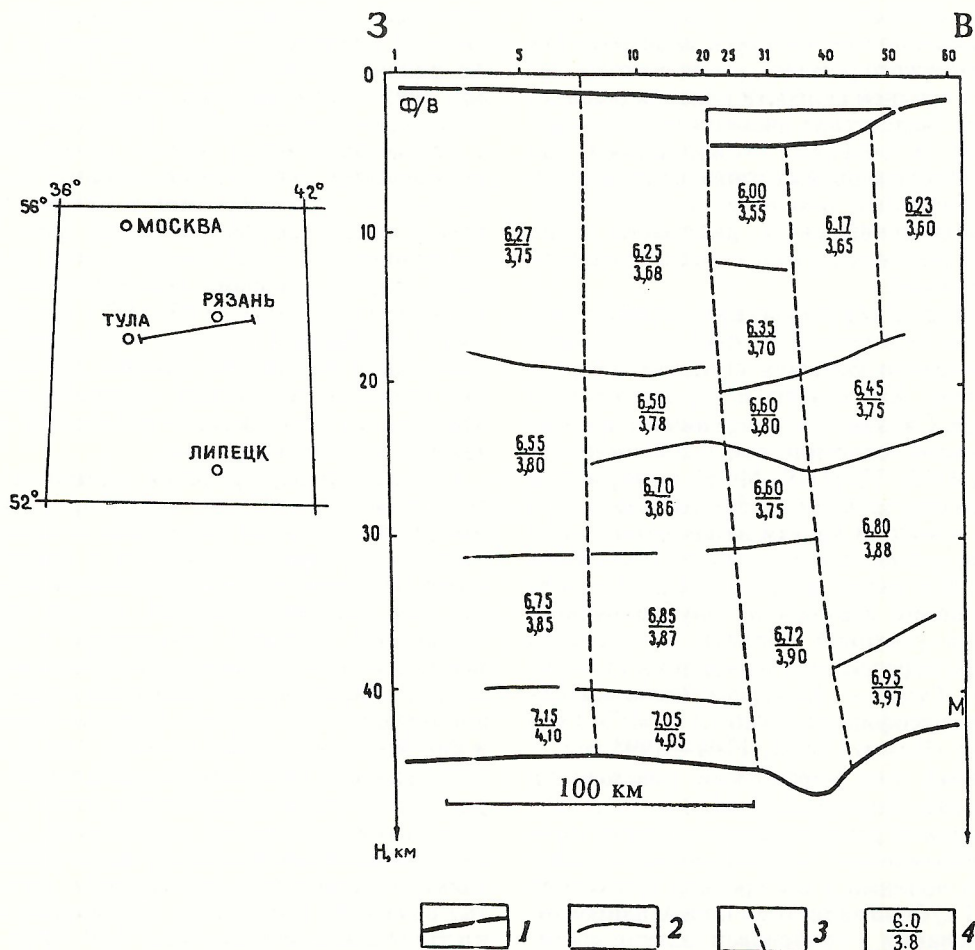


Рис. 5. Глубинный сейсмический разрез земной коры Пачелмского авлакогена по профилю МГЗ Тула—Инсар:

1 — поверхности фундамента и Мохоровичича; 2 — сейсмические границы по комплексу волн; 3 — границы скоростных неоднородностей по результатам математического моделирования; 4 — скорости продольных (числитель) и поперечных (знаменатель) сейсмических волн, км/с

байкальский этап или во второй половине девонского времени [10, 11, 29, 31].

Поверхность фундамента Прикаспийской синеклизы уверенно прослеживается только в ее бортах. Здесь она изучена густой сетью профилей КМПВ, дополненных региональными сечениями ГСЗ и МГЗ, и вскрыта отдельными скважинами на Чинаревской и Первосоветской площадях на севере и на Восточно-Акжарском поднятии на востоке. При переходе к центральной части синеклизы выделение фундамента существенно усложняется в связи с наличием в интервале глубин от 14 до 22 км нескольких сейсмических границ со скоростями от 6,2 до 7 км/с [19]. Большинство исследователей предполагает выклинивание к центру менее скоростных (6—6,4 км/с) комплексов и за поверхность дочехольного субстрата принимается нижний высокоскоростной раздел. Тем не менее, редкая сеть сейсмических наблюдений обуславливает неоднозначность площадных построений.

А.В.Егоркиным и М.И.Разинковой [19] в

западной и восточной частях центральной области мегавпадины выделяются два вытянутых прогиба, совпадающих с Аралсорским и Хобдинским максимумами силы тяжести. Западный прогиб имеет северо-восточное простирание, восточный субширотное. Гипсометрические отметки в депрессиях соответственно более 24 и около 22 км. В рельефе поверхности Мохоровичича отрицательным морфоэлементам фундамента отвечают встречные локальные воздымания до 32 и 30 км. В целом земная кора прогибов имеет форму, позволяющую предполагать их рифтовое происхождение. Кроме того, Аралсорской структуре соответствует высокоскоростная (8,4—8,7 км/с) аномалия в подкорковых горизонтах мантии, которую можно интерпретировать в качестве реститового палеоочага рифтовой «подушки». Дополнительные исследования МГЗ, проведенные Центром ГЕОН в 1987 г., подтвердили существование Хобдинского прогиба, характеризующегося почти двукратным утонени-

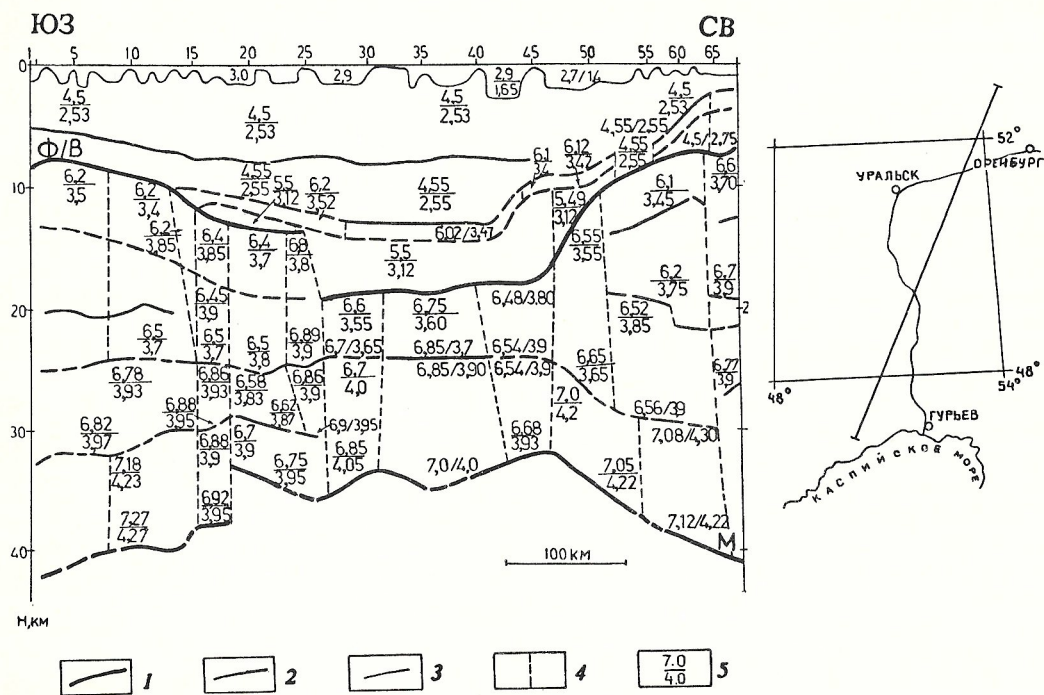


Рис. 6. Глубинный сейсмический разрез земной коры Прикаспийской впадины по профилю МГЗ р. Манаш—Карачаганак:

1 — поверхности фундамента и Мохоровичича; сейсмические границы: 2 — по комплексу волн, 3 — по одному типу волн; 4 — границы скоростных неоднородностей по результатам математического моделирования; 5 — скорости продольных (числитель) и поперечных (знаменатель) сейсмических волн, км/с

ем высокоскоростной (6,8—7 км/с) консолидированной коры (рис. 6).

Несколько по-иному восстанавливается положение рифтогенных палеоструктур другими исследователями. Л.Г.Кирихин с соавторами [11] выделяет Узеньский, Новоалексеевский и Сарпинский авлакогены, обращенные в субширотную Центральную депрессию, и внутриконтинентальный Каспийско-Южно-Эмбинский внутри позднероторозойского Астраханско-Устьюртского микроконтинента. Н.В.Неволин и Д.Л.Федоров [31] докембрийскую стадию развития бассейна связывают с существованием на месте будущего мегапрогиба тройного сочленения рукава Уральского палеоокеана (к востоку), Эмбинского авлакогена (к югу) и Пачелмского авлакогена (к северу).

При имеющихся различиях в интерпретации структурно-тектонических обстановок сходным является предположение о существовании древней стадии рифтогенеза. Наиболее неопределенным остается вопрос о ее возрастной индексации. Связано это с тем, что нигде на территории синеклизы скважинами не вскрыты достоверно установленные отложения древнее, чем среднеордовикские (скв. Красноярская-1 в северной бортовой зоне). Более ранние комплексы, в т.ч. рифейские осадки, предполагаются на севере, северо-востоке и в центральной области, где они не могут быть изучены прямым наблюдением из-за глубокого залегания. По мнению Н.В.Неволина и Д.Л.Федорова [31], в борто-

вых районах рифейско-раннепалеозойские образования распространены в грабеновых структурах, имеют мощность до 2 км и представлены кластическими отложениями. В центральной области с ними связывается высокоскоростная (интервальная скорость 6 км/с) толща мощностью 5—7 км.

Сравнительный анализ формирования Прикаспийского, Пачелмского, Среднерусского и Мезенского бассейнов позволяет сделать вывод об их генетической принадлежности к региональному поясу докембрийского рифтогенеза. При этом Пачелмская структура имела непосредственную связь с системой Прикаспийских рифтов, а на севере ассоциировалась со Среднерусским авлакогеном. Среднерусский интракратонный рифт, в свою очередь, через северо-восточное продолжение, приобретающее характер трансформной сутуры, непосредственно сопряжен с Мезенской рифтовой системой. В общей цепи рифтогенных элементов стержневой грабен Московской синеклизы выступает в качестве тектонического «моста» между южным и северным проявлениями континентального спрединга.

Развитие Прикаспийского нефтегазоносного бассейна на южном окончании дивергентной системы дает освоение положительно рассматривать нефтегазовый потенциал других эпирифтовых платформенных бассейнов. В этом отношении определенный интерес вызывает пространственная ассоциация Мезенской области осадконакопления

с расположенной к северу от нее Баренцево-морской впадины. В ее пределах в среднепалеозойско-мезозойских отложениях обнаружены крупнейшие Штокмановское, Приразломное и ряд более мелких месторождений углеводородов [30], а имеющиеся геолого-геофизические данные не позволяют категорично говорить об отсутствии в низах бассейна докембрийских толщ и их бесперспективности в нефтегазоносном отношении. Обращает на себя внимание принципиальное сходство структуры земной коры Баренцево-морской и Прикаспийской депрессий. В рельефе поверхности фундамента она представлена Северо- и Южно-Баренцево-морской впадинами глубиной до 19 км, разделенными относительно приподнятой (до 15 км) Лудловской седловиной (см. Аралсорский и Хобдинский прогибы в Прикаспии). Поверхность Мохоровичича по данным профилирования ГСЗ (КМПВ) в области прогибания фундамента воздымается до 36 км, а за ее пределами погружается до 50 км и более [20]. По результатам переинтерпретации материалов профиля ГСЗ-82, пересекающего Южно-Баренцево-морскую впадину в северо-западном направлении, подъем поверхности Мохоровичича не превышает 37—38 км, но и при этом мощность консолидированной части коры сокращается более чем в два раза, а скорости в ее толще увеличиваются до 7 км/с [17]. Осадочный чехол бассейна подразделяется на три структурно-формационных комплекса — венд-нижнепермский, верхнепермско-юрский и юрско-антропогенный, причем для нижнего предполагается формирование в условиях заложения и развития «исходного» грабен-рифта [20].

Анализ современных геолого-геофизических материалов по глубинному строению Баренцево-морского, Мезенского, Московского (Среднерусского), Пачелмского и Прикаспийского осадочных бассейнов позволяет выделить в их развитии докембрийскую стадию рифтогенеза. Приуроченность разнотипных геологических структур, из которых Мезенская, Среднерусская и Пачелмская сформировались в пределах Восточно-Европейского кратона, а Баренцево-морская и Прикаспийская за его границами, к трансрегиональному дивергентному поясу отражает генетическую взаимосвязь внутрикратонных эпирифтовых бассейнов с крупнейшими нефтегазоносными провинциями. Данное обстоятельство рассматривается как положительный аспект при оценке нефтегазового потенциала платформенных объектов. В общей системе региональных прогибов Среднерусский авлакоген, хотя и не имеет прямых выходов на упомянутые крупнейшие нефтегазоносные бассейны, играет роль переходного тектонического звена (трансфера) между южными и северными регионами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.В. Основы геотектоники. — М.: Наука, 1975.
2. Богданов А.А. О некоторых общих вопросах тектоники древних платформ // Сов. геология. 1964. № 9. С. 3—28.
3. Валеев Р.Н. Авлакогены Восточно-Европейской платформы. — М.: Недра, 1978.
4. Вольвовский И.С., Вольвовский Б.С. Разрезы земной коры территории СССР по данным глубинного сейсмического зондирования // Сов. радио. 1975. С. 126—145.
5. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 10. Геологическое строение и минералогия СССР. Кн. 1. Геологическое строение СССР / Под ред. А.И.Жамойды, Л.И.Красного, С.И.Стрельникова. — Л.: Недра, 1989.
6. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. — М.: Наука, 1975.
7. Грачев А.Ф., Николаев В.Г., Сеславинский К.Б. Эволюция структуры, осадконакопления и магматизма Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии и палеозое // Мат-лы международного совещания «Внутриплитная тектоника и геодинамика осадочных бассейнов». — М., 1994. С. 5—36.
8. Докембрий континентов. Древние платформы Евразии / Тр. ИГиГ СО АН СССР. 1977. Вып. 378.
9. Долгинов Е.А., Моралев В.Н., Поникарпов В.П. О типах раннедокембрийских структур // Геотектоника. 1973. № 2. С. 8—19.
10. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферы плит территории СССР. Кн. 1. М.: Недра, 1990.
11. Кирюхин Л.Г., Капустин И.Н., Лоджевская М.И. и др. Нефтегазоносность глубокопогруженных отложений Восточно-Европейской платформы. — М.: Недра, 1993.
12. Костюченко С.Л. Структура и тектоническая модель земной коры Мезенской синеклизы по результатам комплексного геолого-геофизического изучения // Разведка и охрана недр. 1995. № 5. С. 2—7.
13. Костюченко С.Л., Егоркин А.В., Солодилов Л.Н. Тектоническая модель докембрия Московской синеклизы по результатам комплексных региональных исследований // Разведка и охрана недр. 1995. № 5. С. 8—12.
14. Кратц К.О., Берковский А.Н. и др. Основные проблемы геодинамического строения Русской плиты. — Л.: Наука, 1979.
15. Милановский Е.Е. Основные этапы развития процессов рифтогенеза и их место в геологической истории Земли. Проблемы тектоники земной коры. — М.: Наука, 1981.
16. Милановский Е.Е., Никишин А.М., Фурнэ А.В. Рифейская эволюция Восточно-Европейского кратона // Докл. АН РАН. 1994. Т. 339. № 4. С. 513—517.
17. Морозова Е.А., Павленкова Н.И., Хербст Р. Сейсмическая модель земной коры юго-восточной части Баренцева моря и проблемы неоднозначности ее построения // Физика земли. 1995. № 2. С. 73—83.
18. Неволлин Н.В. Глубинная структура Прикаспийской впадины // Докл. АН СССР. 1978. Т. 231 (1).
19. Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. — М.: Наука. 1980.
20. Сенин Б.В., Шипилов Э.В. Региональная структура и «доокеаническое» развитие Баренцево-Карской плиты и прилегающих районов // Тектоника платформенных областей. Новосибирск, 1988. С. 125—137.
21. Соколов В.А. Газовая продуктивность Прикаспийской депрессии. М.: ВИЭМС, 1970. Спец. вып.
22. Структурная карта поверхности фундамента платформенных территорий СССР. Масштаб 1:2 500 000 / Под ред. В.В.Семеновича, Л.И.Ровнина, В.Ю.Зайченко и др. Мингео СССР, 1982.
23. Тектоника центральной части Русской плиты. Объяснительная записка к структурно-тектонической карте центральных районов Русской плиты масштаба 1:1 000 000 / Ю.Т.Кузьменко, В.Н.Гордасников, Е.А.Гаврюшкова и др. — М.: ВИЭМС, МГП Геоинформмарк, 1991.
24. Федоров Д.Л. Рифтогенные осадочные бассейны

- Русской платформы и перспективы их нефтегазодоступности. Тектоника и магматизм Восточно-Европейской платформы // Мат-лы международного совещания «Внутриплитная тектоника и геодинамика осадочных бассейнов». — М., 1994. С. 50—55.
25. Федоров Д.Л., Владимиров Т.В., Лобусев А.В., Рожков Э.Л. Газонефтяной потенциал древних толщ центральных районов Русской платформы — результаты, проблемы и перспективы освоения // Газовая промышленность, обзорная информация. Сер. Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений. М., 1994.
 26. Фоменко К.Е. Структура коры Прикаспийской депрессии по геологическим и геофизическим данным // Бюл. Московского общества натуралистов. 1972. Вып. 47. С. 103—111.
 27. Хаин В.Е. Метаморфическая регенерация областей повторного орогенеза и проблема новообразования океанических впадин // Геотектоника. 1969. № 3. С. 31—38.
 28. Шатский Н.С., Богданов А.А. О международной тектонической карте Европы. Масштаб 1:2 500 000 // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1961. № 4. С. 3—25.
 29. Шейн В.С., Пайразян В.В., Размышляев А.А., Соколов В.А. Плейт-тектоническая схема и нефтяная зональность Прикаспийской депрессии. Прогноз месторождений нефти и газа. — М.: ВНИГНИ, 1989.
 30. Johansen S.E., Ostisty B.K., Birkeland O. a.o. Hydrocarbon potential in the Barents Sea region: play distribution and potential // Arctic Geology and Petroleum Potential. Norwegian Petroleum Society (NPF). Special Publication 2. Elsevier, Amsterdam. 1992. P. 273—320.
 31. Nevolin N.V., Fedorov D.L. Palaeozoic Pre-Salt Sediments in the Precaspian Petroliferous Province // J. of Petrol. Geol. 1995. Vol. 18(4). P. 453—470.

Геоэкология

УДК 55:577.4

© С.В.Клубов, 1996

Геоэкология — наука о взаимодействии литосферы и биосферы

С.В.КЛУБОВ

Движение научной мысли во времени нередко подвергает испытанию те или иные понятия, отвергая одни из них и наполняя новым содержанием другие. К их числу относятся такие, как *экология* и *геоэкология*, которым досталась судьба быть в центре многих научных споров, продолжающихся и в настоящее время.

В разработку научных основ геоэкологии как формирующейся науки существенный вклад внесли отечественные ученые и в первую очередь следует отметить фундаментальные исследования Н.А.Айбулатова, В.И.Бгатова, Г.С.Вартаняна, А.С.Гамбургца, Г.А.Голодковской, В.М.Гольдберга, Ф.В.Котлова, М.В.Кочеткова, Г.А.Маркова, В.И.Осипова, В.Н.Островского, А.И.Перельмана, Е.Р.Пинеккера, Е.М.Сергеева, А.Л.Яншина и др.

С 1991 по 1994 г. в России опубликовано более 600 научных работ по геоэкологической тематике [6]. Такое бурное развитие геоэкологии постоянно ставит на повестку дня вопросы разработки ее концептуальных основ, совершенствования понятийного аппарата, определения объектов и методов исследований.

Рассмотрение содержания и взаимосвязи понятий *экология* и *геоэкология* может также способствовать пониманию экологической проблемы в целом.

В первую очередь хотелось бы отметить, что, в связи с многозначностью толкования термина *экология*, вызывает опасение полное стирание первоначального его смысла как направления биологической науки. Поэтому, какое бы научное содержание ни

вкладывалось при том или ином современном употреблении термина *экология*, его базисом должна являться классическая экология как наука об отношениях растительных и животных организмов и образуемых ими сообществ между собой и с окружающей средой [5].

Также нельзя рассматривать экологию только как науку о техногенном воздействии на человека и окружающую среду. Хотя бы уже в силу того, что экологическая проблема (экологические катастрофы) имели место задолго до появления человека, что достоверно подтверждено палеонтологическими данными. Экологические катастрофы, т. е. экстремальные воздействия на биосферу, не связанные с участием человека, имеют место и в настоящее время. К ним относятся многие природные явления, связанные с литосферными процессами — землетрясения, вулканизм и т.д.

Современное понимание экологии как комплексной междисциплинарной науки включает следующие принципы:

в системе *природа — человек — общество* человек выступает и как элемент природы, и как элемент общества;

такая система — открытая и неравновесная;

во взаимодействии человека и природы значимы многие природные явления, начиная с космических и кончая геологическими, в т.ч. выходящие за пределы биосферы.

Отсюда, экология является комплексной междисциплинарной наукой, объектом изучения которой выступает система *природа — человек — общество* и связи основных

элементов этой системы в их взаимодействии и развитии. Данное представление об экологии совпадает в основном с такими ее наименованиями, как *классическая экология*, *большая экология*, *глобальная экология*, *мегаэкология* и т.д.

Термин *геоэкология* появился в научной лексике для обозначения раздела классической экологии, изучающего экологию ландшафтов Земли, имея в виду изучение жизни сообществ, — организмов, свойственных определенным типам природных систем (озера, леса, тундры и др.).

В настоящее время, помимо биологов, этот термин широко используют географы для обозначения раздела науки, исследующей экосистемы (геосистемы) высоких иерархических уровней — до биосферы включительно. Одновременно применяются синонимы *ландшафтная экология*, *биогеоценология*, наконец, *географическая экология* [8].

С точки зрения современного научного применения и складывающейся практики, более оправдано и закономерно, чтобы термин *геоэкология* вошел в обиход геологической науки как наименование ее направления, изучающего взаимодействие литосферы и биосферы, с учетом специфики деятельности человека по освоению и использованию литосферы [5]. Приведем некоторые аргументы в пользу такого взгляда.

Многие естествоиспытатели — биологи, экологи, географы и даже часть геологов — наличие экологических процессов и явлений признают в границах только верхней части литосферы, где проявляет себя *живое вещество* (в т.ч. человек), называя ее *геологической средой*. Искусственное ограничение сферы проявления экологических факторов приводит к исключению из поля зрения исследователей сложных лито-биосферных процессов. Причины проведения подобной «демаркационной» линии можно понять, поскольку получение и использование данных о процессах в глубинах Земли требуют специальных знаний, которыми обладают только геологи (в широком понимании этой профессии). Не случайно именно такие выдающиеся геологи, как В.И.Вернадский и А.Е.Ферсман рассматривали проблему изучения биосферы и литосферы на комплексном уровне геохимических систем и впервые показали роль человека как геологической силы, оценив его деятельность как процесс техногенеза в мировом масштабе. А.В.Сидоренко в работе [9] писал, что минерально-сырьевое направление в геологии следует дополнить изучением земной коры как среды обитания и деятельности человека.

В настоящее время взгляд на геоэкологию становится более предметным, и она рассматривается как комплексная геологическая наука, нацеленная на решение экологических проблем разного уровня и масштаба, проявляющихся во всем пространстве

литосферы. Такое содержание геоэкологии отводит существенное место процессам, обусловленным воздействием глубинных слоев литосферы и выходящих за пределы биосферы, что в определенной степени расширяет границы традиционных представлений об экологии. Подобное воззрение позволяет рассматривать в качестве геоэкологических факторов такие явления, как вулканизм, землетрясения, карсты, сели и т.д.

Выделение геоэкологии в самостоятельную научную дисциплину — объективный процесс и результат развития геоэкологических исследований за последние 20 лет, хотя они и не назывались *геоэкологическими*. По существу, к ним относятся как фундаментальные научные исследования эндогенных процессов, влияющих на состав атмосферы и гидросферы, а также опосредованно через них — на состояние биосферы, так и прикладные исследования геологической среды для обеспечения многогранной деятельности человека.

О взаимосвязи биосферы и литосферы свидетельствуют многие происходящие в природе процессы, установленные геологами при изучении геологической истории планеты. Можно сказать, что литосферные процессы относятся к важнейшим факторам, определяющим вещественный состав биосферы в целом, а следовательно, и ее способность в обеспечении существования всего живого. Более того, история планеты подтверждает, что продуктивность биосферы имеет прямую зависимость от геологических процессов. Основным методом изучения биосферы как системы и влияния на нее литосферных процессов является анализ геологической истории развития Земли и выявление на этой основе законов эволюции биосферы, круговоротов веществ, законов реакции биосферы на внешние (космические, тектонические, антропогенные и др.) воздействия.

Можно сказать, что литосфера обладает уникальным свойством фиксации периодов в «жизни» биосферы в виде геологической «летописи». Возможность установления закономерностей взаимосвязи биосферных и литосферных процессов на основе палеоинформации обещает дать значительные перспективы для глобальных экологических прогнозов.

На основе учения о биосфере В.И.Вернадского Ю.М.Малиновским [7] сделаны следующие выводы.

1. Осадочные горные породы и полезные ископаемые являются продуктами на выходе биосферной системы.

2. Причинно-следственная связь биосферы и тектоносферы обеспечивается глобальным круговоротом вещества между биосферой и литосферой.

3. Частые тектонические воздействия на биосферу, благодаря ее подвижному оболоч-

кам — атмосфере, гидросфере и живому веществу — имеют глобальные последствия.

Отсюда, под природными геоэкологическими процессами мы понимаем геологические процессы, воздействующие на биосферу в целом, биогеоценозы, а также на литосферные объекты, осваиваемые человеком.

Указанные процессы происходят под воздействием энергии, выделяемой при развитии вещества Земли, действии силы тяжести и сил, возникающих при вращении Земли.

Условно можно выделить следующие воздействующие факторы:

эндогенные, определяемые процессами, вызванными в основном внутренними силами Земли, в их числе геохимические;

экзогенные, определяемые процессами, вызванными в основном внешними по отношению к Земле силами. Они происходят на поверхности Земли и в самых верхних частях литосферы, преимущественно за счет энергии солнечной радиации, силы тяжести и жизнедеятельности организмов;

эдафические, определяемые особенностями почв.

Геоэкологический подход к изучению этих, достаточно давно исследуемых факторов, связан с использованием традиционных геологических методов исследования при решении двух основных проблем, стоящих в ряду «традиционного» изучения водной, воздушной, почвенной и других составных частей окружающей среды:

изучение геологической среды как литосферного основания биогеоценоза и как пространства, движение в котором загрязняющих веществ происходит замедленно, приводя к отложению и накоплению «загрязнителей» в течение длительного времени, т.е. инерционного к воздействиям, в том числе — техногенным;

изучение состояния биогеоценоза, выявление его наиболее уязвимых и наиболее устойчивых при геогенных и техногенных воздействиях участков и свойств с помощью специфических геоэкологических подходов.

Объект изучения геоэкологии — сложные литосферно-биосферно-техногенные системы. Процессы, свойственные этим системам, характеризуются глубокой и долговременной обратной связью между литосферной и биосферной составляющими. В силу этого они требуют многофакторного анализа в течение длительного времени и проведения постоянных, в том числе — прогнозных, наблюдений — основы мониторинга геологической среды.

Особенно сложен геоэкологический анализ применительно к объектам, одновременно захватывающим как сухопутные, так и акваториальные участки, т.е. так называемые прибрежно-морские зоны. Вместе с тем, прибрежно-морские зоны как экологический объект глобального значения, включающий берег (границу «море — суша»), практически весь шельф и прилегающую к

берегу часть суши шириной до первых сотен километров, является важнейшим объектом геоэкологических исследований [4].

Основные параметры системы прибрежно-морских зон резко изменчивы. В глобальном плане они имеют, как правило, субмеридиональную ориентировку и обычно пересекают широтные физико-географические пояса, различаясь между собой по геологическому строению, истории формирования, современной геодинамике, ландшафтной и другими характеристиками. Значение прибрежно-морских зон не исчерпывается лишь сложным сочетанием основных районов добычи полезных ископаемых и важнейших районов повышенной биопродуктивности, но определяется и тем, что эти зоны являются мощным природным геохимическим и гидродинамическим барьером, на котором накапливается основная масса приносимых с суши элементов-загрязнителей. Накапливаясь в пределах водообменных литосистем [3] тяжелые металлы, углеводороды, радиоактивные и другие загрязнители вызывают мощный «техногенный стресс», действующий вплоть до границы проникновения морской воды в литосферную толщу континента [1].

Особенно активное накопление загрязняющих веществ происходит в донных осадках дельт и эстуариев крупных рек в связи с высокими скоростями седиментации. Под влиянием биологического взмучивания вещества-загрязнители проникают в глубь осадков и захороняются. Таким образом, в дельтах и эстуариях формируется самая опасная по загрязнению в пределах прибрежно-морских зон зона смешения пресных и соленых вод, где, кроме гидродинамического и геохимического, формируется также и биологический барьер [10].

С точки зрения геоэкологии, в пределах прибрежно-морских зон имеется полный набор необходимых параметров для изучения и моделирования всех воздействий на геологическую среду и биогеоценозы.

В связи с очевидной сложностью объектов геоэкологических исследований их изучение базируется на анализе и обобщении всей имеющейся информации по геологической среде. Для повышения достоверности проводимых построений необходимым этапом является составление и использование карты изученности фоновой геоэкологической ситуации. Такая карта отображает интегральное состояние изученности в результате проведения съемок различного содержания:

общегеологического, включающего собственно геологическую, гидрогеологическую, инженерно-геологическую;

специализированного, включающего геохимическую, радиогеохимическую, гидро-мелиоративную, геокриологическую, геолого-экологическую.

Методика построения таких карт включает способ отображения на них заснятости

конкретных площадей съемками различных видов и масштабов, в том числе — в случаях, когда они пространственно совмещены (перекрывают друг друга) путем соответствующей оцифровки каждой из них, чем достигается интегральная информативность карты и проводится проверка достоверности последующих специализированных построений и надежности выводов. Интегральная оценка фоновой геоэкологической ситуации позволяет перейти к районированию геоэкологической среды по степени ее устойчивости к техногенным воздействиям, прежде всего освоению полезных ископаемых и консервации отходов промышленного производства.

При типизации вещественных геологических образований с целью выделения геоэкологических комплексов геологический возраст слагающих пород и тип структур могут не учитываться, а приоритет отдается их минеральному, литолого-петрографическому составу, являющимся доминирующим признаком при определении степени восприимчивости вещественных комплексов к техногенному воздействию и их «ответного» воздействия при этом на окружающую природную среду.

Таким образом, выделяемые геоэкологические комплексы объединяют разнородные по геодинамическим (структурно-тектоническим) условиям формирования и возрастной принадлежности геологические образования, характеризующиеся устойчивыми признаками, с одной стороны, близкой (однотипной) восприимчивости к техногенному воздействию и, с другой, заметно отличаются по этим признакам от иных ассоциаций вещественных комплексов. Исходя из этих признаков могут быть выделены высоковосприимчивые, восприимчивые, умеренно восприимчивые и низко восприимчивые к техногенным нагрузкам геоэкологические комплексы. Дополнительная характеристика — ландшафтные, почвенно-биоклиматические условия, сейсмичность, селе- и лавиноопасность и др., как геологические, так и экологические.

При решении второй проблемы важнейшим вопросом является изучение природных концентраций химических элементов на тех или иных участках геологической среды и их влияние на состояние биогеоценозов. Указанные концентрации определяются параметрами природного геохимического поля, которое включает геохимический фон и геохимическую аномалию. Если геохимический фон характеризуется более или менее постоянными параметрами распределения того или иного компонента в данном геологическом образовании (обычно в горной породе), то геохимическая аномалия обычно локально развита и, как правило, формируется в результате проявления эпигенетических по отношению к вмещающим породам процессов (часто — процессов формирования месторождений полезных ископаемых). Природные геохимические аномалии — источник значительной

поставки в окружающую среду широкой гаммы химических элементов (в их числе многих токсичных). Это важнейший фактор состояния биогеоценоза. При наложении техногенной составляющей, являющейся следствием освоения полезных ископаемых, состояние биогеоценоза изменяется вплоть до деградации экосистем, а иногда и полного их уничтожения.

Для количественной оценки потенциальной угрозы загрязнения окружающей среды от природных источников и техногенной составляющей, возникающей вследствие разработки месторождений полезных ископаемых, может быть использован аддитивный показатель, введенный в практику геохимических исследований С.В. Григоряном [2]. Аддитивный показатель представляет собой сумму нормированных через фон содержания определенной группы химических элементов. Общий аддитивный показатель рассчитывается для максимального числа химических элементов (теоретически для всех содержащихся в месторождениях основных промышленно ценных и сопутствующих элементов-спутников). Перемножение аддитивного показателя на общую массу природной аномалии (месторождения) позволяет количественно охарактеризовать их геохимический облик.

Особый геоэкологический интерес представляет частный аддитивный показатель токсичности, рассчитанный для группы токсичных химических элементов. Аддитивные показатели могут быть применены и при изучении таких многокомпонентных образований, как залежи углеводородов, особенно зараженных тяжелыми металлами, сероводородом и другими токсикантами.

Геоэкологические исследования только в редких случаях носят завершённый характер; они являются частью более сложных экологических исследований, объекты которых — система *природа — человек — общество* и соответственно ее фрагменты. Эффективность и надежность геоэкологических исследований обеспечиваются применением современного комплекса методов и методик, включающих:

дистанционное зондирование поверхности Земли и интерпретация полученных материалов на более глубокие горизонты;

инженерно-геологические исследования; глубинные геофизические исследования и изучение сейсмоопасных зон; геохимические исследования;

гидрогеологические исследования; исследования влияния на биогеоценозы всех аспектов освоения и использования литосферы.

Рассмотрение с геоэкологических позиций комплекса работ по использованию геологической среды должно опираться на альтернативы применения различных технологических решений, предусматривая анализ последствий, позволяющий обеспечивать учет экологических требований.

Рациональное сочетание технологически обоснованного освоения природно-ресурсного потенциала России с учетом экологических последствий необходимо дополнять эффективным использованием данных геоэкологических исследований в процедуре оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и экологическом аудите.

Как ОВОС, так и экологический аудит должны базироваться на трех основных факторах: интеграции (рассмотрении во взаимосвязи) геологических, экологических, технологических, экономических и социальных показателей проектируемого освоения полезных ископаемых;

вариантности решений, обеспечивающих выполнение геоэкологических требований; учета региональных особенностей с позиций состояния и устойчивости к прогнозируемым воздействиям биогеоценозов и их литосферного основания, а также перспектив развития регионов добычи полезных ископаемых и страны в целом.

Быстрейшее становление и развитие геоэкологии как перспективного направления геологической науки будет способствовать решению задач рационального природопользования и охраны окружающей среды России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбулатов Н.А., Артюхин Ю.В. Геоэкология шельфа и берегов Мирового океана. — Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1993.
2. Григорян С.В. Рудничная геохимия. — М.: Недра, 1992.
3. Зеугофер Ю.О., Батуринская И.В., Вилькович Р.В. Реализация бассейнового подхода при составлении территориальных комплексных схем охраны природы // Разведка и охрана недр. 1991. № 11. С. 29—31.
4. Исаев Е.Н., Клубов С.В., Востоков Е.Н. Проблемы экологически устойчивого развития прибрежно-морских зон в процессе освоения минеральных ресурсов // Минеральные ресурсы России. № 6, 1992. С. 36—40.
5. Клубов С.В., Прозоров Л.Л. Геоэкология: история, понятия, современное состояние. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1993.
6. Клубов С.В., Прозоров Л.Л., Ефимова Д.В., Рябцева Г.И. Геоэкология: Ретроспективный аннотированный тематический указатель литературы. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1994.
7. Малиновский Ю.М. Недра — летопись биосферы. — М.: Недра, 1990.
8. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. — М.: ИЦ «Россия молодая» — Экология, 1992.
9. Сидоренко А.В. Человек, техника, Земля. — М.: Недра, 1967.
10. Чистяков А.А., Клубов С.В., Востоков Е.Н., Улицкий Ю.А. Геоэкология речных дельт и эстуариев. — Доклад на XIV Международном конгрессе INCVA в Берлине 3—10.08.95.

УДК 55:577.4

© Коллектив авторов, 1996

Геоэкологическое обоснование ОВОС при освоении нефтегазовых месторождений

Л.Л.ПРОЗОРОВ, С.В.КЛУБОВ, Е.Н.ИСАЕВ, С.В.ГРИГОРЯН, Л.Н.СОЛОДИЛОВ

На Международном семинаре ЮНЕСКО (ЮНЕП) и 1-й Межреспубликанской конференции «Оценка воздействия на окружающую среду», проходивших в Москве 25—29 ноября 1991 г., было сформулировано общее понятие ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду) и выделены его основные черты. ОВОС — это средство (метод) проектной работы, позволяющее выявлять и учитывать последствия намечаемой деятельности при ее проектировании. ОВОС — это анализ всех разумных альтернатив (включая полный отказ от деятельности) на основе взвешенных социально-экологических оценок каждой из них. ОВОС — это предсказание экологических и других, связанных с ними, последствий, к которым приводят техногенные воздействия через изменения в окружающей среде. ОВОС — это инструмент принятия решения. Его конечная цель — дать лицу, принимающему решение, ясную картину изученных альтернативных возможностей и их экологических последствий, а также взвешенную оценку преимуществ и недостатков каждой альтернативы.

В настоящее время исследования типа экологического аудирования (целевое экологическое обследование территории на стадии предлицензионной и предпроектной подготовки необходимой документации по объекту предполагаемой деятельности) и ОВОС широко признаны и практически воплощены во всех развитых странах. Страны ЕЭС выработали обязательные для стран сообщества стандарты экологического менеджмента и аудирования.

В России подобного рода исследования приобретают все большее развитие, проводятся в ряде отраслей и рядом организаций, но, несмотря на требования их проведения на стадии предлицензионных и предпроектных работ, носят разрозненный методологически и методически непоследовательный характер. Фактически имеют место большие расхождения в понятиях и целях подобных исследований, их полноте и комплексности стадийности и предоставлении документации по форме и содержанию. Отсутствие научно обоснованных требований и методи-

ческих документов затрудняет выполнение таких исследований на необходимом уровне.

В связи с обозначенной темой статьи, нашей целью является освещение ее некоторых сторон применительно к проведению геологоразведочных работ и освоению нефтегазовых месторождений, что и вложено в понятие *геоэкологическое обоснование ОВОС*.

Геологоразведочные и нефтегазодобывочные работы сопрягаются с природной средой поверхности Земли и проникновением в ее глубины. От характера их проведения в значительной степени зависит состояние окружающей среды.

Спецификой геологоразведочных и добычных работ является то, что их проведение затрагивает не только обычные для деятельности человека среды (воздух, вода, почва, биота), но и геологическую среду (литосферу).

Хотя осуществление любой хозяйственной деятельности практически не обходится без нарушений природной среды, их размер во многом зависит от объема и качества (достоверности) информации о состоянии окружающей среды и ее учете при проведении конкретных работ.

Отметим две основные предпосылки необходимости изучения параметров окружающей среды, особенно важные для геологоразведочных и нефтегазодобывочных работ: 1) знания об окружающей среде позволяют как бы «вписать» производственный процесс в природные условия и тем самым свести к минимуму наносимый ущерб природе, окружающей среде в целом; 2) поскольку нарушения среды неизбежны, в т.ч. с возможным превышением охраняемых норм (ПДК и т.п.), возникает возможность штрафных санкций, то учет уже имеющих место загрязнений (природных и техногенных) позволит уменьшить величину санкций, или даже избежать их в будущем.

Специальная информация о состоянии окружающей среды, наряду с геологической, входит в пакет информации, предлагаемый участникам-претендентам при лицензировании на право пользования недрами на стадии подготовки конкурса или аукциона [5], и в предпроектную документацию. Такая информация должна содержать достаточно достоверные сведения об экологическом состоянии окружающей среды лицензионного участка. Для их получения выполняются специальные исследования, названные экологическим аудитом (ЭА), включающего сбор, обработку и анализ имеющейся в наличии информации, а при необходимости предусматривает проведение полевых работ, среди которых приоритет, как правило, принадлежит геохимическому опробованию атмосферного воздуха, почв и водных источников. Могут выполняться и более сложные комплексные исследования по оценке состояния геологической среды с применением геофизических, геохимических, гидрогеологических, геокриологических и других методов, имеющихся в арсенале

геологов. Эффективно также картографирование, позволяющее применить принцип генерализации для сведения разномасштабной картографической информации с целью построения интегральных карт целевой геоэкологической направленности. Наряду с геоэкологическими исследованиями собираются и анализируются данные по различным компонентам природной среды, в т.ч. для получения надежных представлений о таких сложных системах, как биогеоценозы.

Поскольку получение полной картины окружающей среды, включая геологическую, невозможно даже теоретически и решение задачи всегда предопределяется ограничениями в ресурсах, то обязательным условием является четкая постановка цели (целей) исследований, конкретных задач, условий и требований к их полноте и достоверности.

В общем виде с определенной долей условности, задача изучения окружающей среды, помимо традиционного изучения воздушной, водной среды и почвы может быть сведена к двум ее сторонам: 1) изучение состояния биогеоценоза, выявление его наиболее уязвимых и устойчивых для хозяйственной деятельности мест и свойств; 2) изучение геологической среды как литосферного основания биогеоценоза и как среды, наиболее инерционной к техногенным воздействиям.

Цель оценки экологического состояния (ЭА) — дать аналитическое представление современной экологической обстановке исследуемой территории, включающей описание окружающей среды по следующим основным направлениям: физико-географическая характеристика, геология и геологические источники экстремальных ситуаций, описание основных биогеоценозов, природные ресурсы и экономика, социокультурная характеристика. Особое внимание уделяется выявлению экологически опасных очагов загрязнения для принятия экстренных мер по их удалению.

Исследования данного типа как было отмечено, производятся с целью получения информации на стадии подготовки лицензионных участков для конкурса или аукциона на право пользования недрами для проведения работ по геологическому изучению недр, разработке месторождений полезных ископаемых и т.д.

Результаты исследований включаются в пакет информации, предоставляемой претендентам на лицензии [5]. Кроме того, исследования, направленные на получение информации по оценке экологического состояния, могут быть проведены в любом случае, для любой территории, когда лицами, принимающими решения, осознается необходимость оценки состояния окружающей среды для последующего принятия мер по ее оздоровлению.

Не меньшая достоверность данных о состоянии окружающей среды требуется для разработки ТЭО и проектов ввода в действие новых, реконструкции, расширения и технического перевооружения действующих

объектов освоения месторождений топливно-энергетического сырья. В принципе они необходимы при любых проектных работах, когда проектные решения предусматривают воздействие на окружающую среду.

В отличие от исследований типа ЭА, носящих характер фактологических и предусматривающих оценку состояния на заданный текущий момент времени, предпроектные исследования направлены на изучение таких процессов в окружающей среде, которые инициируются заложенными в проектах техническими средствами и применяемыми технологиями. Тем самым получаемые решения нацелены на принятие превентивных мер к возможным негативным последствиям. В общем случае результаты ЭА могут быть включены в пакет информации по проектированию или использованы в необходимых случаях.

В настоящее время при освоении нефтегазовых месторождений, как на этапе проектирования, так и в процессе добычи, все большее внимание уделяется геохимическим особенностям углеводородного сырья, в т.ч. присутствию в нем токсичных элементов в виде примесей к основному компоненту. Кроме того, важнейшей экологической и не в меньшей степени экономической задачей является установление в общем балансе загрязнений техногенных и природных составляющих. В связи с этим считаем полезным в данной статье осветить современное состояние данной проблемы.

Одна из важнейших задач экологического изучения территории распространения нефтегазовых месторождений — идентификация как техногенных, так и всевозможных природных геохимических аномалий. Исследованиями последних лет, в основном выполненными в области поисковой геохимии, однозначно установлено, что природные геохимические аномалии по элементному составу сходны с техногенными. Это означает, что, принимая участие в процессах гипергенного разрушения зон выветривания, природные аномалии сами превращаются в своеобразные источники загрязнения окружающей среды различными химическими элементами. Расчеты показывают, что природные геохимические аномалии по масштабам поставки в окружающую среду химических элементов, в т.ч. и многих токсичных вполне сопоставимы (часто существенно превосходят) с техногенными источниками.

Кроме описания хорошо известных геохимических аномалий углеводородных газов и минеральных новообразований, парообразных и жидких углеводородных флюидов, фильтрующихся по зонам макро- и микротрещиноватости, в последние годы все чаще появляются работы о литогеохимических аномалиях над нефтегазовыми месторождениями. Эти аномалии представляют собой значительные по размерам поля повышенных концентраций широкого круга химических элементов, включая тяжелые металлы.

Литогеохимические аномалии отчетливо отражаются в растительном покрове фитогеохимическими (биогеохимическими) аномалиями. Так, отмечается [4], что во всех случаях растительный покров реагирует на присутствие углеводородов перераспределением минеральных компонентов в химическом составе с накоплением в 1,5—10 раз P, V, Ti, V, Ni, Cr, Cu, Zn, Sr, Ba, Al, Zr, Co, Mn, Pb, Fe. Однако, как справедливо отмечает В.А.Алексеев [1], многокомпонентные литогеохимические и биогеохимические аномалии месторождений нефти и газа слабоконтрастны, и их надежное выявление и оконтуривание невозможно без хорошей ландшафтно-геохимической основы. Принимая во внимание относительную трудоемкость составления адекватных геохимическим работам ландшафтно-геохимических основ, при их отсутствии для надежного оконтуривания геохимических аномалий месторождений нефти и газа можно рекомендовать построение интегральных, в частности, мультипликативных, карт, которые по сравнению с моноэлементными наиболее контрастны и, следовательно, более надежны на практике. Несмотря на отмеченную низкую контрастность рассматриваемой группы аномалий, они представляют собой внушительный источник поставки в окружающую среду многих химических элементов, прежде всего благодаря значительным размерам (десятки и сотни квадратных километров). Кроме того, несмотря на низкую контрастность геохимических аномалий, их экологическое значение огромно, т.к. химические элементы в них в основном находятся в подвижных формах, более доступных для усвоения живыми организмами.

Известно, что аномальные концентрации химических элементов в растениях в пределах биогеохимической аномалии, преимущественно имеют подвижную форму (водорастворимую) и частично (для многих элементов больше половины) извлекаются (вымываются) дождями. Поскольку эта «убыль» быстро восстанавливается за счет поступления элементов из корнеобитаемой зоны, то очевидно, что рассматриваемые геохимические аномалии — мощные и постоянно функционирующие источники поставки в окружающую среду многих химических элементов, в т.ч. и тяжелых металлов. Последняя группа элементов требует особого рассмотрения, поскольку тяжелые металлы, по опубликованным Ф.Корте [3] «стресс-индексам» загрязнителей, занимают второе место, уступая только пестицидам и опережая такие загрязнители, как оксиды углерода и серы, а также нефтепродукты.

Из изложенного следует, что правильная оценка экологической ситуации в районах нефтегазовых месторождений невозможна без надежной количественной оценки доли каждой из двух типов в районе геохимических аномалий — природных и техноген-

ных. Эта задача, требует сравнительного изучения в каждом конкретном случае обоих рассмотренных типов аномалий на основе обработки (переинтерпретации) результатов геохимического опробования или выполнения полевых работ, если геохимические работы ранее не были проведены.

Однако, как показывает опыт, расшифровка подобных полигенных и полихронных по природе геохимических аномалий, образовавшихся в результате совмещения в пространстве природных и техногенных накоплений чрезвычайно сложная задача. Для надежного решения ее наряду с традиционными методами может быть использован разработанный недавно атмосферногеохимический (АЭЛГ) метод [2] поисков месторождений полезных ископаемых. Аномалии этого типа, впервые выявленные на рудных месторождениях, обнаружены также над нефтегазовыми месторождениями. При этом установлено, что в отличие от природных, техногенные накопления химических элементов АЭЛГ-аномалиями не сопровождаются. Это позволяет рекомендовать АЭЛГ как метод для идентификации природной составляющей совмещенных (полигенных) аномалий. Эффективное внедрение АЭЛГ-метода в практику геоэкологических исследований на нефтегазовых месторождениях вполне реально благодаря существенному усовершенствованию методики фиксации

АЭЛГ-аномалий: использование в ионных ловушках сорбентов АЭЛГ-аномалий.

В заключение отметим, что критерием оценки окружающей среды при освоении нефтегазовых месторождений должно быть принято оптимальное соответствие рационального уровня использования природных ресурсов эксплуатируемого участка уровню нарушения природного равновесия. Главное при этом не допустить необратимых отрицательных изменений параметров состояния природной среды, включая геологическую среду. Целесообразно наладить наблюдения за основными компонентами окружающей среды в режиме мониторинга, чтобы такая оценка не носила случайный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Выявление вторичных геохимических полей над месторождениями нефти и газа. Тезисы IV объединенного международного симпозиума по проблемам прикладной геохимии, посвященного памяти академика Л.В.Таусона. — Иркутск: Лисна, 1994.
2. *Григорян С.В.* Рудничная геохимия. — М.: Недра, 1992.
3. *Корте Ф.* Принципы оценки воздействия ядовитых веществ в окружающей среде // Биогеохимические циклы в биосфере. — М., 1976.
4. *Основы теории геохимических полей углеводородных скоплений.* М., 1993.
5. *Положение о порядке лицензирования пользования недрами.* Утверждено Постановлением Верховного Совета Российской Федерации № 3314-1 от 15 июля 1992 г.

УДК 55:577.4

© С.В.Григорян, С.В.Клубов, Л.Л.Прозоров, 1996

Концепция хранения токсичных отходов как альтернатива концепции их захоронения

С.В.ГРИГОРЯН, С.В.КЛУБОВ, Л.Л.ПРОЗОРОВ

Говоря о промышленных отходах в свете геоэкологических проблем, мы имеем в виду такие отходы, которые, во-первых, относятся к классу вредных веществ (негативно воздействуют на животный и растительный мир — биосферу), а, во-вторых, вступают в соприкосновение с литосферой (от почвенного покрова до ее глубин).

В принципе, все промышленные отходы являются вредными для окружающей среды, и речь может идти только о количественной оценке степени токсичности. В связи с этим очевидна актуальность разработки и внедрения в практику экологических работ научно обоснованных методов количественной оценки степени вредных для типоморфных обстановок окружающей геологической среды различных типов промышленных отходов. Многоаспектный характер и исключительная сложность этих работ очевидны.

Многочисленные производственные отходы в виде газовых и пылеобразных выбро-

сов, сбросов в поверхностные воды и других подобных воздействий на окружающую среду рано или поздно достигают границ литосферы, проникают в нее и создают негативную ситуацию. Более того, в силу физико-химических свойств литосфера существенно затормаживает динамичные процессы, протекающие в подвижных слоях атмосферы и гидросферы, и тем самым способствует концентрации вредных веществ в ее глубинах. Причем, если процессы переноса вредных веществ в атмосфере и гидросфере довольно успешно отслеживаются и контролируются различными, в т.ч. аэрокосмическими техническими средствами, то слежение за веществом, проникающим в литосферу, существенно затруднено. Конечно, то, что происходит в недрах Земли, не так заметно, протекает медленнее и создает иллюзию безопасности. Многие негативные техно-литосферные явления вследствие длительного времени их формирования могут долго не

проявляться в заметной форме даже при жизни одного — двух поколений людей. Но тем опаснее они могут стать для будущих поколений.

Видимо, поэтому в настоящее время имеет место существенный акцент на вредные процессы, происходящие в воздухе и водной среде, тогда как проникновение вредных веществ с земной поверхности в недра не получает должной оценки. Даже в научных кругах не вызывает протеста представление о том, что недра Земли могут являться местом размещения вредных, в т.ч. токсичных и радиоактивных веществ с неизвестными последствиями их проявления. Об этом свидетельствуют многочисленные случаи практического захоронения таких отходов, да и сама идеология возможности их помещения в недрах. Не случайно перед геологами, в т.ч. западных стран, ставятся задачи выявления таких участков литосферы, в которых возможно якобы безопасное захоронение токсичных и радиоактивных отходов. Особое предпочтение отдается соляным массивам, глинистым отложениям и изверженным породам, глубоким шахтам и скважинам, горизонтам соляных вод и рассолов.

Многие попытки решения проблемы захоронения токсичных отходов осуществляются специалистами только на базе их собственной науки; в первую очередь, это относится к гидрогеологам и инженерам-геологам. Как правило, при таких построениях или отсутствуют, или недостаточно полно учитываются другие факторы, в т.ч. геохимический. Имеется в виду процесс химических взаимодействий отходов с вмещающей (окружающей) геологической средой.

Значительное число решений пригодно только при условии статичных параметров геологической среды, чего в природе не может быть. Изучение результатов бурения Кольской сверхглубокой скважины, к примеру, показало, что Земля и на глубине около 15 км от ее поверхности не является абсолютной «твердыней»; она и там «дышит», идет движение материи. Все это дает основание считать, что даже самые смелые прогнозы и самые «точные» расчеты не могут быть положены в основу поведения глубин литосферы при соприкосновении с радиоактивными и токсичными отходами и определять безопасность будущих поколений.

В связи с этим мы предлагаем концепцию хранения токсичных и радиоактивных отходов как альтернативу концепции их захоронения. Прежде всего определимся в основных понятиях, которыми мы будем оперировать при дальнейшем изложении своих взглядов. Хранение отходов — содержание отходов в специальных емкостях, помещаемых в специально оборудованные хранилища. В нашем случае имеются в виду хранилища, сооруженные под землей (отработанные месторождения, соляные копи, иногда специально созданные полости; использова-

ние законсервированных горных выработок — шахт, штолен и т.д.). Захоронение отходов под землю, в геологические выработки или глубочайшие впадины морского дна без возможности обратного извлечения. Принципиальное отличие этих понятий заключается в том, что захоронение отходов — помещение их куда-либо без последующего изъятия, фактически навсегда, а хранение отходов — содержание их где-либо с возможностью извлечения, последующего перемещения или переработки.

Концепция базируется на следующих постулатах.

1. Захоронение отходов в литосферу (океанические глубины) неотвратимо влияет на окружающую среду, в т.ч. на биосферу; вопрос только во времени и масштабе проявления. Предвидеть достаточно точно последствия захоронения отходов невозможно. Отсюда следует, что захоронение отходов в принципе должно быть исключено из практики.

2. Альтернативой захоронению отходов является только их технологическая переработка с переводом токсичных отходов в безвредные для окружающей среды формы вещества.

3. При отсутствии в настоящее время соответствующей технологии переработки отходов или невозможности ее применения (по экономическим, техническим и другим причинам) отходы необходимо размещать только в режиме хранения.

Принципиальная основа концепции хранения отходов заключается в двух определяющих положениях:

1) время хранения отходов в данном месте строго определено. По его истечению вопрос об их хранении вновь решается по альтернативе: или переработка, или дальнейшее хранение с определением места, условий и срока;

2) отходы хранят на специально подобранных для данного вида отходов участках. Основным критерий соответствия вида отходов местам хранения — их геохимическое соответствие друг другу, поскольку основная угроза окружающей среде — в ее химическом взаимодействии с отходами.

Например, район с определенной зараженностью каким-либо элементом — природный геохимический ореол рассеяния данного элемента — может быть предназначен для складирования отходов аналогичного геохимического свойства. Так, законсервированные урановые месторождения Якутии могут использоваться для хранения радиоактивных отходов, тем более таких, активность которых не превышает активности руд. Или отработанные месторождения киновари на Горном Алтае — для хранения ртутьсодержащих отходов;

3) наряду с подземными горными выработками разработанных или разведанных месторождений в качестве мест хранения отходов можно рекомендовать районы природных геохимических аномалий.

Опыт последних лет в изучении геохими-

ческих особенностей месторождений полезных ископаемых позволил установить широкое распространение в природе как минеральных месторождений промышленного значения, так и во много раз превосходящих их по численности и размерам геохимических аномалий, представленных так называемыми зонами рассеянной и рудной минерализации. Они представляют собой участки рудовмещающих коренных пород, в пределах которых в результате воздействия рудообразующих флюидов на вмещающие породы были образованы зоны существенно повышенных по сравнению с фоном концентраций, характерных для данного типа оруденения химических элементов. Эти зоны отличаются от месторождений практически только отсутствием концентрированного оруденения, достаточного по запасам и содержаниям полезных компонентов для промышленного освоения в данных условиях. Отличительной особенностью зон рассеянной рудной минерализации, как и самих месторождений, является их многокомпонентный состав, что позволит использовать их для хранения отходов различного химического состава. Обобщение результатов геохимического изучения месторождений различного состава и соответствующих им зон рассеянной минерализации позволили составить типоморфные ассоциации химических элементов, приведенные в табл. 1.

В действительности для различных типов оруденения набор типоморфных химических элементов будет существенно шире, поскольку по некоторым причинам (в основном из-за недостаточного аналитического обеспечения работ) геохимические пробы анализировались на ограниченный набор элементов. Это означает, что по мере накопления новой информации приведенные в табл. 1 ряды элементов будут существенно дополнены новыми химическими элементами, что, в свою очередь, предоставит возможность использования природных геохимических аномалий для хранения отходов с более широким спектром вредных веществ.

Природные геохимические аномалии, являясь своеобразными зонами природного «загрязнения» широкой гаммой химический элементов, естественно, не будут столь уязвимы при хранении отходов с близким геохимическим спектром.

В табл. 1 приведены данные о природных геохимических аномалиях, развитых в коренных рудовмещающих породах. Многолетние исследования, выполненные в пределах различных рудных районов страны, показали, что геохимические аномалии в коренных породах находят адекватное отражение в других средах: в перекрывающих коренные породы рыхлых образованиях и развитых на них почвах (вторичные литогеохимические аномалии); подземных и поверхностных водах (гидрогеохимические); произрастающих в пределах рудогенной анома-

лии растениях (биогеохимические); приземной атмосфере (атмогеохимические).

Вторичные литогеохимические аномалии развиваются в перекрывающих коренные рудовмещающие породы рыхлых образованиях и почвах в результате гипергенного выветривания первичных геохимических аномалий в коренных породах. Эти аномалии по своим параметрам (уровень концентрации химических элементов, размеры и др.) в целом соответствуют первичным аналогам в коренных породах. Для иллюстрации этого положения в табл. 2 приведены коэффициенты соответствия первичных и вторичных геохимических аномалий по некоторым участкам одного из полиметаллических рудных полей Таджикистана. Коэффициент соответствия представляет собой отношение средних содержания элементов во вторичных и первичных геохимических аномалиях.

Как следует из приведенных данных, во вторичных аномалиях происходит отчетли-

1. Элементный состав рудогенных литогеохимических аномалий различных типов

Оруденение	Элементный состав
Медно-никелевое	Медь, никель, кобальт, цирконий, олово, титан, свинец, барий, молибден, серебро
Медноколчеданное	Медь, цинк, свинец, барий, кобальт, молибден, серебро, мышьяк, олово
Полиметаллическое в скарнах	Барий, цинк, свинец, мышьяк, серебро, медь, сурьма, висмут, кобальт, молибден, вольфрам, олово
Полиметаллическое жильное	Свинец, барий, цинк, серебро, медь, мышьяк, кобальт, висмут, олово, вольфрам
Шеелитовое в скарнах	Вольфрам, молибден, медь, барий, цинк, свинец, серебро, висмут, олово
Кварц-золоторудное	Золото, мышьяк, висмут, серебро, свинец, сурьма, медь, бериллий, молибден, кобальт, цинк
Медно-порфировое	Золото, медь, молибден, серебро, мышьяк, сурьма, свинец, цинк, висмут, олово, вольфрам
Медно-молибденовое	Медь, молибден, цинк, свинец, кобальт, никель, олово, бериллий, вольфрам, висмут, мышьяк, барий, серебро
Медно-висмутовое	Медь, висмут, свинец, серебро, мышьяк, барий, цинк, кобальт
Сульфидно-касситеритовое	Олово, медь, серебро, цинк, свинец, мышьяк, вольфрам, кобальт
Кварц-касситеритовое	Мышьяк, вольфрам, серебро, олово, медь, цинк, свинец, бор, бериллий
Урановое	Уран, молибден, свинец, медь, цинк, серебро
Ртутное	Ртуть, мышьяк, барий, медь, сурьма, свинец, цинк, никель, серебро, кобальт
Стратиформное свинцово-цинковое	Серебро, свинец, медь, мышьяк, барий, кобальт, цинк, никель

вое накопление тяжелых металлов — типоморфных компонентов руд полиметаллического состава. Конечно, количественные соотношения параметров первичных и вторичных геохимических аномалий могут изменяться в широких пределах в зависимости от конкретных ландшафтно-геохимических условий, но в большинстве случаев вторичные геохимические аномалии количественно адекватны первичным.

Литогеохимические аномалии сопровождаются отчетливыми гидрогеохимическими аномалиями, которые имеют значительные размеры и адекватны коренному оруденению по элементному составу, в чем можно убедиться, сравнивая данные, приведенные в табл. 1 и 3.

Биогеохимические аномалии формируются в растениях, произрастающих в пределах литогеохимических (а также сопровождающих их гидрогеохимических) аномалий, и характеризуются повышенными содержаниями в различных органах растений типоморфных для коренного оруденения химических элементов. Существует отчетливая симбатная зависимость между содержаниями микрокомпонентов в литогеохимических и биогеохимических аномалиях (табл. 4).

Атмосферные аномалии также постоянно сопровождают рудогенные литогеохимические аномалии. Основными компонентами этих аномалий, как установлено исследованиями последних лет, являются ртуть, углекислый газ, метан и другие газы. Недавно установлена новая разновидность атмосферных аномалий — так называемые ионометрические, фиксирующие первичные литогеохимические аномалии повышенными концентрациями в приземной атмосфере типоморфных для минерализации в коренных породах химических элементов, в т.ч. тяжелых металлов. Для этого типа, как и для всех охарактеризованных выше, также выявляются количественные соответствия первичным литогеохимическим аномалиям.

Заканчивая краткую характеристику первичных литогеохимических и сопровождающих их групп вторичных геохимических аномалий, следует отметить, что их совокупность представляет собой равновесную и устойчивую во времени геохимическую систему с адаптированной к ней окружающей природной средой. Именно это обстоятельство

2. Коэффициент соответствия первичных и вторичных геохимических аномалий

Номер участка	Химические элементы							
	Co	Pb	Sn	Ba	Mo	Cu	Ag	Zn
II	0,87	3,22	1,17	9,2	1,14	1,98	3,25	0,32
III	0,8	3,59	1,83	3,43	4,18	1,68	6,91	0,42
IV	0,76	1,81	0,51	1,98	1,26	1,35	4,97	0,49
VI	2,67	3,85	1,93	14,1	5,96	2,39	9,79	2,47
VII	1,06	1,09	2,0	1,32	0,43	0,99	1,28	0,84
VIII	1,14	1,29	1,31	2,6	1,21	4,55	15,4	0,89

ство позволяет рекомендовать хранение в пределах этой системы отходов с идентичным геохимическим спектром.

Важность адаптированности окружающей природной среды к упомянутой выше геохимической системе, оказывающую огромную природную нагрузку на окружающую среду значительного количества токсичных микроэлементов, трудно переоценить. Именно вследствие этой особенности предлагаемые геохимические системы для хранения отходов предпочтительнее отработанных рудников, где в результате горно-эксплуатационных работ природное геохимическое равновесие резко нарушено, и дополнительный пресс на природу может иметь серьезные негативные последствия.

Приведенные выше данные (см. табл. 4), а также данные литературных источников однозначно показывают, что природные геохимические аномалии вследствие повышенных концентраций токсичных микроэлементов практически непригодны для выращивания пищевых сельхозпродуктов и поэтому легче могут быть отчуждены под хранение отходов.

Предложенная концепция хранения отходов может быть реализована на следующих началах.

1. Техничко-геологические (геохимические) способы реализации заключаются в разработке классификации отходов и условий их хранения (мест хранения и т.п.) на единой для них научно-технологической (геохимической) основе. При этом в первую очередь обрабатываются данные по природным геохимическим аномалиям, которые, как уже отмечалось, особенно благоприятны, когда их геохимическая обстановка, а также другие его параметры, (гидрогеологические, горно-технические и др.) соответствуют химико-технологическим свойствам отходов. Такое соответствие увеличивает безопасность хранения отходов по отношению к окружающей среде и исключает катастрофические последствия.

2. Организационно-экономические методы реализации могут быть сведены к следующим положениям:

1) на основе указанных выше классификаций и конкретных данных о природных геохимических аномалиях создается банк данных этих объектов;

2) на каждый объект хранения соответствующим органом (необходимо его определить) выдаются паспорт и лицензия, в которых оговариваются все условия хранения, в т.ч. организация контроля за состоянием объекта хранения (в режиме мониторинга) и срок хранения. По мере получения новых технологических, технических, геологических и других данных и решений паспортные и лицензионные условия должны корректироваться.

При подготовке мест хранения отходов дополнительно уточняются элементный состав геохимических аномалий и исследуются рас-

3. Элементный состав гидрогеохимических аномалий различных типов (Голева и др., 1968)

Оруденение	Основные элементы	Сопутствующие элементы
Медно-никелевое	Ni, Cu, Zn, Co, Ag	Ba, Sn, Pb, U
Медноколчеданное	Cu, Zn, Pb, As, Mo	Ni, Ag, B, F, Sc, Ge, U
Полиметаллическое	Pb, Zn, Ag, Cu, Mo, Cd, Sb	Sn, Ni, Co, Sc, Ba, Sr, B, F, U
Медно-порфировое	Mo, Cu, Ag	As, Zn, Co
Золоторудное	Au, Ag, Sb, As	Sn, Cu, Ni, Co, Pb, Mo
Оловорудное	Sn, Nb	W, Pb, Cu, Zn, Li, F
Ртутное	Hg, Sb, As	Ag, Se, Cu, Zn, D, F

пределения новых (ранее не изученных) химических элементов, в т.ч. многих редких и рассеянных, с учетом геохимических спектров подлежащих хранению отходов; определяются эпицентры геохимических аномалий как мест, наиболее благоприятных для хранения отходов; изучаются гидрогеологические и инженерно-геологические условия участков. Хранилища должны быть построены на поверхности во избежание существенного ущерба окружающей среде;

3) между владельцем отходов и субъектом владения места хранения отходов на лицензионной основе заключается договор, определяющий, кто, что, за что и в какие сроки выполняет соответствующие операции по обеспечению лицензионных условий хранения отходов;

4) по истечении срока договора владелец отходов изымает их для переработки или оставляет на дальнейшее хранение на условиях, определенных к этому времени, с заключением нового договора;

5) ответственность за фактическое движение отходов возлагается на их первоначального владельца («производителя») вплоть до их переработки. Естественно, это «право» может быть передано другому владельцу. Но это уже экономическая сделка. Такое требование должно стимулировать владельца отходов на создание или поиск технологии их переработки. Оно может учитываться даже на стадии проектирования производства основного продукта, создающего те или

4. Содержание металлов в растении (овес), мг/кг

Химический элемент	Почвы	Зерна	Стебли
Кадмий	10	0,7	2
	20	1,2	3,5
	30	1,8	5,2
Никель	100	25	8
	300	40	16

иные отходы. Кстати, упомянем, что Закон о политике в области радиоактивных отходов США, принятый в 1982 г., регламентирует обязанности владельцев АЭС по переработке и временному хранению отходов ядерного топлива;

б) эффективная организация движения отходов может быть обеспечена созданием триадной системы данных наличия, переработки и хранения отходов на упомянутой выше единой классификационной основе. Система соответственно включает подсистемы данных об отходах, технологиях переработки отходов и объектах хранения отходов. Такой триединый банк данных позволяет создать поисковую систему организации переработки и хранения отходов, работающую в автоматизированном режиме. Преимущества ее очевидны.

Таким образом, основные достоинства концепции хранения токсичных и радиоактивных отходов заключаются в следующем: 1) обеспечивается достаточно надежная охрана окружающей среды от воздействия на нее токсичных и радиоактивных отходов; 2) процесс хранения отходов ставится на экономическую основу, в т.ч. для заключения сделок с зарубежными партнерами; 3) стимулируется создание технологий переработки отходов и тем самым развитие бизнеса природоохранных технологий; 4) создается фронт работ для геологических организаций (подготовка объектов хранения, мониторинг и т.д.), что уже получило среди геологов меткое название «экологическая конверсия»; 5) при хорошем научном и популяризаторском уровне информирования населения и местных органов власти данная концепция не должна встречать «зеленое» противодействие в силу ее простоты и убедительности.

На основе изложенной концепции целесообразно создание международной организации (системы) переработки и хранения токсичных и радиоактивных отходов путем добровольного вхождения в нее как государств, так и других субъектов (предприятий, объединений, НИИ, банков и т.п.), располагающих соответствующими требованиями системы отходами, технологиями переработки и объектами хранения, а также инвестиционными средствами, вкладываемыми на определенных условиях. Данная организация (система) разрабатывает и является собственником постоянно пополняемого банка данных об объектах хранения, технологиях и средствах переработки отходов и выполняет льготное информационное обслуживание входящих, а также не входящих в организацию субъектов на определенных коммерческих условиях. Эта организация может принять на себя при соответствующем обеспечении также функции контролера за движением и состоянием отходов.

Выше были рассмотрены природные геохимические аномалии, достигшие равновесного состояния в результате завершения длительного процесса локализации первич-

ных литогеохимических аномалий и достижения геохимической стабилизации, а также равновесия всей системы сопровождающих их вторичных геохимических аномалий. Подобные образования в настоящее время геохимически изучены достаточно хорошо и могут быть рассмотрены как возможные места хранения вредных отходов.

Системы, не достигшие окончательного становления и геохимического равновесия, не могут быть использованы для хранения отходов. В лучшем случае они могут быть использованы для захоронения отходов. Такую возможность чисто теоретически можно рассмотреть на примере участков современных подводных гидротерм, где, по существу, в настоящее время происходит подводное осадочно-эксталяционное рудообразование. Чисто умозрительно можно рекомендовать эти участки в качестве мест захоронения вредных отходов, которые таким образом войдут в состав руд будущих месторождений и литогеохимических аномалий. Естественно, эта проблема требует дальнейшего изучения.

Важность проблемы вредных отходов заставляет искать различные способы ее успешного решения, в т.ч. и весьма экзотичных, к числу которых можно отнести возможность захоронения на дне Черного моря отходов с халькофильными компонентами. В условиях сероводородного заражения дна Черного моря халькофильные элементы в форме слаборастворимых в воде сульфидов будут накапливаться на дне моря без ущерба для окружающей среды. Со временем, по мере накопления значительных запасов сульфидов и появления новых высокоэффективных технологий эти сульфидные месторождения могут быть разработаны. Для обоснования практической значимости этого предложения необходимо выполнение целого комплекса исследований, включая экспериментальные работы по моделированию сульфидообразования для различных типов отходов применительно к физико-химическим условиям различных участков дна Черного моря в условиях сероводородного заражения.

Информация

© Д.А.Булавицев, 1996

Международное сотрудничество

Д.А.БУЛАВИЦЕВ

Основная доля сотрудничества Комитета Российской Федерации по геологии и использованию недр (Роскомнедра) с зарубежными странами приходится на Соединенные Штаты Америки, причем главным партнером является Геологическая служба США (ГС США). Сотрудничество между Роскомнедра и ГС США осуществляется по двум взаимосвязанным направлениям: 1) создание на базе российских геологических организаций информационно-технологических центров по сбору, обработке и распространению геологической информации; 2) реализация совместных научных проектов в области наук о Земле.

Сотрудничество по первому направлению проводится в рамках Меморандума о договоренности между Комитетом Российской Федерации по геологии и использованию недр и Агентством США по международному развитию, подписанного сторонами 2 февраля 1994 г. Исполнитель Меморандума с американской стороны — ГС США. Положения этого документа реализуются в полном соответствии с Соглашением между Правительством Российской Федерации и Правительством Соединенных Штатов по

сотрудничеству в оказании помощи от 4 апреля 1992 г.

Работы планируется проводить в рамках общей программы «Развитие компьютеризированных баз данных, характеризующих геологию нефтегазоносных бассейнов России и результаты поисково-разведочных работ, выполненных в их пределах», согласованной между российскими и американскими участниками проекта. Руководителями проекта являются: с российской стороны — проф. Д.Л.Федоров (ВНИИзарубежгеология), с американской — Г.Ульмишек (ГС США).

В соответствии с программой в 1995 г. на базе российских геологических организаций было создано пять информационно-технологических центров в гг. Москва (три) и Тюмень (два). Предполагаются передача передовых американских технологий, имеющих отношение к сфере нефти и газа (и соответственно обучение российских специалистов), разработка и выполнение интегрированных совместных геологических программ, распространение зафиксированных типов информации за разумную цену, в т.ч. и среди заинтересованных представителей американского бизнеса. Базовые российские организации: ВНИГНИ, ВНИИзарубежгеология (г. Моск-

ва), ЗапСибНИГНИ и ЗапСибгеофизика (г. Тюмень). К работам по программе привлечены специалисты ГлавНИВЦ (г. Москва) и ВНИГРИ (г. Санкт-Петербург).

Сотрудничество по второму направлению выполняется в соответствии с Меморандумом о договоренности по сотрудничеству в области наук о Земле между Комитетом Российской Федерации по геологии и использованию недр, Российской академией наук и Геологической службой США Министерства внутренних дел Соединенных Штатов Америки, подписанного 23 июня 1994 г.

Цель Меморандума — содействие и расширение совместной деятельности в области наук о Земле, осуществляемой научными организациями, государственными и негосударственными агентствами, частными компаниями, отдельными учеными и специалистами обеих сторон; создание возможностей обмена информацией, идеями, опытом и методиками; решение проблем, представляющих взаимный интерес, а также использование материально-технических средств, имеющихся в наличии у обеих стран, в научно-технических целях.

Диапазон намечаемого сотрудничества охватывает все основные области геологических наук, включая прикладные и фундаментальные научные исследования. Сотрудничество предусмотрено осуществлять на основе конкретных совместных проектов заинтересованных российских и американских организаций.

В настоящее время определены координаторы работ, разрабатываются предложения по

конкретизации основных направлений сотрудничества, предусмотренных Меморандумом. Заключено соглашение между Центральным научно-исследовательским геологоразведочным институтом цветных и благородных металлов и Центром по исследованию минеральных ресурсов России Геологической службы США о проведении совместных работ по методике оценки минеральных ресурсов и разработке общей терминологии в этой области. Подготовлена программа работ, согласованы объекты полевых исследований на Урале в России и в шт. Невада в США. Выполнение программы завершается в 1995 г.

В апреле—мае 1995 г. состоялось подписание Меморандума о взаимопонимании между Комитетом Российской Федерации по геологии и использованию недр и Геологической службой Великобритании Совета по исследованию природной среды Великобритании по научно-техническому сотрудничеству в области наук о Земле, а также Меморандума о взаимопонимании между Роскомнедра и Федеральным институтом по геологическим наукам и природным ресурсам Германии (БГР). Первый предусматривает совместные исследования в области стратиграфии, литологии, палеонтологии, а также оценку энергетических и минеральных ресурсов, второй — в основном обмен геологическими знаниями, методиками и научно-технической информацией. В настоящее время согласуются программы работ по обоим Меморандумам.

© Н.В.Милетенко, 1996

Краткие итоги выставки «Геологоразведка-95»

Н.В.МИЛЕТЕНКО

В соответствии с планом международных выставок в Российской Федерации в г. Москва с 7 по 13 августа 1995 г. состоялась 5-я Международная специализированная выставка «Геологоразведка-95». В рамках выставки проведены научно-технический семинар и симпозиум «Минерально-сырьевые ресурсы стран СНГ». В задачи этого международного форума входило: ознакомление с последними достижениями в прогнозировании, поисках, разведке и разработке рудных и нефтегазовых месторождений, техническом оснащении геологоразведочных работ; обмен идеями и передовым опытом; установление контактов и деловых связей, а также содействие в привлечении инвесторов к поискам, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых, в создании совместных предприятий.

В экспозиции участвовали более 60 организаций и предприятий Роскомнедра,

Российская академия наук, несколько фирм и акционерных компаний («Ланэко», Геоинвест-Консалтинг, МИТ-США, СИ-Технолоджи и др.).

За пять дней выставку осмотрели 18 официальных делегаций, проведено более 40 деловых переговоров в оргкомитете, в т.ч. с 11 иностранными представителями. Среди делегаций российско-казахская фирма КАРОС (переработка золоторудного сырья), румынская фирма «Миниксфер-Дефа» (сооружение гидрогеологических скважин), китаяйское государственное предприятие по геофизическому оборудованию, немецкие фирмы «Зальцгиттер» и «Амерслебен», Управление строительства Московской мэрии, Военно-строительный институт и др. На стендах побывали с целью обмена информацией и для переговоров около 800 специалистов. Общее число посетителей выставки состави-

до около 10 тыс. человек, из них 6 тыс. специалистов.

В ходе выставки подготовлены несколько протоколов о намерениях и проектов контрактов на поставку оборудования с Румынией, Германией и российскими компаниями. Проведена пресс-конференция. Работа выставки освещалась Российским телевидением (программа «Вести», 9 и 10 августа). Кроме того, информация передавалась по радио. В рамках выставки состоялись два симпозиума, на которых заслушано более 80 докладов по актуальным проблемам развития техники и технологии проведения геологоразведочных работ.

Большой интерес у посетителей вызвали стенды КамНИИКИГСа ГНПП «Недра», ГНПП «Геологоразведка», ВИРГ-Рудгеофизики, ВИТРа, СКБ, Архангельскгеологии, Березовгеологии, концерна «Геолого-

разведка», фирмы «Ланэко», ВИМСа, ВНИИгеосистем, ВНИИзарубежгеологии, Аэрогеофизики и организаций, представляющих морскую геологию.

Выставку посетили, по приглашению Роскомнедра, делегации геологических служб стран СНГ — Белоруссии, Украины, Казахстана, Узбекистана, Туркменистана. Из зарубежных гостей были представители Перу, Испании, Франции, Румынии, КНР, Германии, Венесуэлы, Австралии.

Выставка прошла организованно. В ее работе активное участие приняли сотрудники В/О «Зарубежгеология», Российского геологического общества, специалисты Управления науки, Управления координации и развития геологоразведочного производства, Управления геофизических работ, Управления гидрогеологии и геоэкологии, Управления ресурсов недр шельфа и Мирового океана.

Рецензии

УДК (049.32)

© В.Е.Хаин, 1996

Геология и минерагения позднеюрско-четвертичного осадочного чехла в океанах и на континентах*

В.Е.ХАИН (МГУ)

Коллективом ученых четырех институтов России — ВНИИзарубежгеология, ВНИИокеангеология, ГЕОХИ РАН и Геологического института РАН выполнена огромная работа по графическому обобщению всего фактического материала, накопленного к настоящему времени, по составу, строению и полезному ископаемому осадочного чехла Мирового океана и соответствующего ему по возрасту осадочно-вулканогенного комплекса континентов. Результаты этой работы воплощены в 6 картах масштаба 1:25 000 000: четырех для отдельных интервалов разреза чехла, выбранных вполне рационально; одной, отражающей результаты глубоководного бурения; одной, синтезирующей все данные о связи изменения геодинамической обстановки во времени с типом седиментации. Отдельная карта масштаба 1:10 000 000 составлена для Тихоокеанского региона. Она как бы продолжает серию отечественных карт (тектоническую, геологическую и др., опубликованных в 70-х

годах) и существенно по новым материалам не только детализирует представления о нефтегазоносности региона, но и впервые отражает специфику рудоносности осадочного чехла собственно дна Мирового океана.

Ознакомление с представленными и наглядно оформленными картами показывает, что выполнено уникальное исследование, пока не имеющее равных в мировой практике. Карты составлены на формационной и геодинамической основе, отвечающей современным теоретическим представлениям. Очень ценно и ново то, что на одних и тех же картах отражены данные по нефтегазоносности и рудным полезным ископаемым различного происхождения, что дает возможность установить между ними парагенетические связи, ранее ускользавшие от внимания исследователей. Полностью учтены материалы глубоководного бурения с судна «Гломар Челленджер» и до рейса 130 с судна «Джойдес Резолюшн». Более поздние рейсы, к сожалению, не могли быть учтены. Впрочем, их использование вряд ли изменило бы выводы авторов по основным закономерностям размещения каустобиолитов и руд.

Атлас карт сопровождается достаточно полной объяснительной запиской-монографией, имеющей хотя и сложный, но оправданный в данном конкретном случае план. Она состоит из пяти частей (методы и прин-

* *Атлас карт* Геология и минерагения позднеюрско-четвертичного осадочного чехла в океанах и на континентах / Под ред. И.С.Граммберга, Е.Н.Исаева, Л.Э.Левина и др. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1993.

Геология и минерагения позднеюрско-четвертичного осадочного чехла в океанах и на континентах / Под ред. И.С.Граммберга, Е.Н.Исаева, Л.Э.Левина и др. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1993

ципы; геология и минерагения крупных комплексов чехла; Тихоокеанский пояс; геодинамические особенности минерагении; заключение) и 12 глав, которые сопровождаются обширным списком литературы (более 1000 работ), указателем тектонических и географических названий и таблицами с характеристиками основных месторождений углеводородов с залежами в отложениях позднего мезозоя-кайнозоя на 60 страницах. Использование в монографии детального описания 440 месторождений нефти и газа, 225 месторождений массивных сульфидных и стратиформных руд, 76 месторождений марганца, 7 крупных районов распространения полей железо-марганцевых конкреций весьма способствовало обоснованию выводов по закономерностям размещения месторождений, которые устанавливаются, с одной стороны, применительно к каждому крупному комплексу чехла, а с другой, для каждого геодинамического типа осадочных бассейнов. Принципиально новая в данном аспекте — оценка минерагении плейстоценого-голоценового комплекса, ранее не привлекавшая внимания исследователей.

Среди других новых теоретических и практических результатов работы отметим такие, как:

определение двух важнейших критериев оценки потенциала нефтегазоносности и рудоносности: а) закономерности распространения формаций различного типа, генезиса и степени уплотнения; б) изменения количественных параметров седиментации во времени и пространстве, что характеризует и эволюцию осадочного чехла Земли в поздней юре-галоцене;

обоснование механизма внутриплитового океанского тектогенеза, контролирующего формирование вулканогенных хребтов и периоды повышенной вулканической активности на дне океана с подразделением последних на семь возрастных групп;

определение геодинамических обстановок гидротермальной активности и седиментации (энсиматических островных дуг и др.), контролирующих выделенный авторами единый металлогенический ряд сульфидных и стратиформных руд на континентах;

обоснование геодинамической обстановки формирования нового типа стратиформных рудных залежей в осадочном чехле океанов;

обоснование закономерностей размещения месторождений нефти и газа, распределения разведанных запасов и прогнозных ресурсов углеводородов между крупными комплексами осадочного чехла и генетическими типами осадочных бассейнов.

Естественно, что подобная фундаментальная работа вызывает определенные замечания, которые должны быть учтены авторами в будущем. Прежде всего, отметим, что карты следовало бы дополнить схемами динамики движения плит (хотя бы и в очень мелком масштабе), что, вероятно, позволило бы под-

метить и другие геодинамические особенности в размещении полезных ископаемых. В композиции монографии имеется неизбежное в данном случае четырехкратное повторение подзаголовков при описании каждого комплекса. Не исключено, что описание рудоносности комплексов можно было бы выполнить в отдельной главе. Это способствовало бы более концентрированному изложению материала.

При анализе геодинамических особенностей минерагении авторам приходится обращаться к процессам рифтинга и спрединга, особенно активным в позднем мезозое-кайнозое, что заслуживает поддержки. Однако выделение двух типов рифтов — активных и пассивных, по моему мнению, в значительной степени искусственно (кстати, так считает и П.Циглер). Особое возражение встречает объяснение пассивного рифтогенеза расширением Земли. Рифты Североатлантической-Арктической системы зародились еще в позднем, если не среднем (девон) палеозое. В характеристике перспектив нефтегазоносности следовало, на мой взгляд, больше внимания уделить крупным дельтам и конусам выноса на пассивных окраинах, в монографии подробно рассматривается лишь Бенгальский конус выноса, правда самый крупный. Более детального описания заслуживает и оценка нефтегазоносности поднадвиговых толщ. В тексте монографии имеются и отдельные неточности в представлении цифрового материала и, хотя единичные, опечатки.

Высказанные замечания не влияют на общую оценку этого фундаментального исследования. Практическое значение работы для нашей страны заключается прежде всего в возможности более уверенного выбора районов для постановки работ на различные полезные ископаемые, включая железомарганцевые конкреции в Тихом и других океанах. Можно не сомневаться и в том, что данная работа привлечет большое внимание зарубежных специалистов и найдет достаточно высокий спрос за рубежом.

К достижениям теоретического плана следует отнести выяснение основных черт строения позднеюрско-четвертичного осадочно-вулканогенного чехла в океанах и на континентах, включая складчато-надвиговые подвижные пояса, наряду с воссозданием его эволюции (с количественными параметрами) применительно к крупным геодинамическим этапам развития; определение закономерностей минерагении при органически увязанном анализе нефтегазоносности и рудоносности; кардинальные выводы по региональным и глобальным особенностям минерагении.

В целом можно констатировать, что авторским коллективом выполнен на высоком научном уровне фундаментальный труд, заслуживающий самой положительной оценки. Публикация его является важной вехой в истории отечественной и мировой геологической науки.

АО «ВНИИзарубежгеология»
Институт нефти и газа
Карта нефтегазоносности мира

Институт нефти и газа, АО «ВНИИзарубежгеология» предлагает Вашему вниманию карту нефтегазоносности мира, не имеющую мировых аналогов.

Карта, подготовленная в масштабе 1:15 000 000 (15 листов) и сопровождаемая объяснительной запиской (196 с.), отличается от ранее изданных карт детальностью изображения строения нефтегазоносных бассейнов и обрамляющих территорий, более полной характеристикой размещения выявленных месторождений нефти и газа по площади и разрезу осадочного чехла, показом распределения ресурсов углеводородов, сформировавшихся за счет процессов генерации, аккумуляции и консервации в осадочной толще Земли до глубины 7 км.

На карте показано положение более 500 нефтегазоносных и возможно нефтегазоносных бассейнов мира, включая территорию Антарктиды, с указанием возраста фундамента, мощности осадочной толщи, размещения месторождений нефти и газа, битумов и высоковязких нефтей, распределения рифов и солей

Подробно отражены строение внебассейновых территорий и возраст обрамляющих складчатых поясов

Даны проявления углеводородов в скважинах глубоководного бурения с подразделением по фазовому составу

Впервые с единых методологических позиций показана плотность начальных геологических ресурсов нефти и газа

150 стратиграфических колонок по всем нефтегазодобывающим бассейнам мира, помещенные на карте, отражают литологию, мощность и основные продуктивные толщи

Карта позволяет оценить характер распределения выявленных залежей нефти и газа по миру в целом, сконцентрировать внимание на неосвоенных потенциально нефтегазоносных районах, выбрать стратегию геологоразведочных нефте- и газопроисковых работ.

Карта и объяснительная записка изданы Санкт-Петербургской картографической фабрикой ВСЕГЕИ в январе 1995 г.

Цена карты и объяснительной записки для стран СНГ – 400 тыс. р., для зарубежных заказчиков – 500 долл. США.

Заявки на приобретение просим высылать по адресу:

Россия, Москва 117418, ул. Новочеремушкинская, 69Б,

Институт нефти и газа АО «ВНИИзарубежгеология»,

В. И. Высоцкому

Факс (095) 420-20-05, 331-20-22.

Справки по телефонам: 332-54-94, 332-54-10, 332-55-95

Contents

<i>Isayev Ye.N.</i> VNIzarubezhgeologiya: an open joint-stock company established on the basis of an All-Russian Research Institute	3	<i>Fedorov D.L., Kostyuchenko S.L., Solodilov L.N.</i> Mid-Russian aulacogene: tectonic transfer in the system of Prikaspiyskaya (Caspian) and Barentsevomorskaya (Barents Sea) oil-and-gas-bearing depressions	50
ENERGY RESOURCES		GEOECOLOGY	
<i>Vysotsky V.I., Isayev Ye.N., Kleshchev K.A., Miletenko N.V., Namestnikov Yu.G., Fedorov D.L.</i> Oil and gas contents in sedimentary basins of the world	6	<i>Klubov S.V.</i> Geoecology: a science dealing with lithosphere-biosphere interaction	61
<i>Namestnikov Yu.G., Vysotsky V.I.</i> Peculiarities of geodynamical development and presence of oil and gas in continents of Gondwana	14	<i>Prozorov L.L., Klubov S.V., Isayev Ye.N., Grigoryan S.V., Solodilov L.N.</i> Geoecological substantiation of environmental control measures in the development of oil-and-gas fields	65
METALS AND NON-METALS		<i>Grigoryan S.V., Klubov S.V., Prozorov L.L.</i> A concept of toxic wastes storage as an alternative to that of their disposal	68
<i>Nekrasov Ye.M.</i> Essential geology-structural types and specific features of large endogenic gold deposits	19	BRIEF INFORMATION	
<i>Piskorsky N.P.</i> Financing and methodological specificity of prospecting for gold in foreign countries	29	<i>Bulavintsev D.A.</i> International cooperation	73
<i>Shelagurov V.V.</i> Technogenic mineral deposits and techniques for examination and evaluation thereof	34	<i>Miletenko N.V.</i> «Geologorazvedka-95» («Geological Prospecting '95»): A summary on the specialized exhibition	74
REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS		BOOK REVIEWS	
<i>Levin L.E.</i> Geology, oil and gas contents and presence of ore in sedimentary cover of the World Ocean	42	<i>Khain V.Ye.</i> Geology and minerageny of Late Jurassic — Quaternary sedimentary cover in oceans and continents	75