

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



Журнал выходит один раз в два месяца

Основан в марте 1933 года

2/2008

Учредители:
Министерство природных
ресурсов Российской Федерации
Российское геологическое общество
Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А. И. Кривцов

Бюро: *Р.В.Добровольская* (зам. главного редактора),
А.И.Варламов (зам. главного редактора),
В.И.Казанский, *А.А.Кременецкий*, *Г.А.Машковцев*,
Н.В.Милетенко, *А.Ю.Розанов*, *Г.В.Ручкин* (зам.
главного редактора), *В.И.Старостин*

Редсовет: *Е.М.Аксенов*, *А.Н.Барышев*, *Э.К.Буренков*
(председатель редсовета), *В.С.Быкадоров*,
Г.С.Вартанян, *И.Ф.Глумов*, *В.И.Ваганов*,
А.И.Жамойда, *М.М.Константинов*, *Т.Н.Корень*,
А.К.Корсаков, *Л.И.Красный*, *В.С.Круподеров*,
Н.К.Курбанов, *Н.В.Межеловский*, *И.Ф.Мигачев*,
Е.И.Семенов, *В.С.Сурков*, *Е.Г.Фаррахов*

МОСКВА

Нас поздравляют	3	<i>Мигачев И.Ф., Карпенко И.А., Иванов А.И., Черемисин А.А., Куликов Д.А.</i>	
«Отечественная геология» между двумя юбилеями (2003—2008 гг.)	5	Золоторудное месторождение Сухой Лог — переоценка и оценка прогноза рудного поля и района	55
<i>Аксенов Е.М., Садыков Р.К.</i>		<i>Погребнюв Н.Н., Троценко В.В.</i>	
ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» в «Отечественной геологии» — минерально-сырьевая база неметаллов	8	О достоверности геологических моделей угольных месторождений	68
<i>Барышев А.Н.</i>		<i>Покалов В.Т., Донченко В.А.</i>	
Гравитационная неустойчивость и минерагенические системы Земли	10	Проблемы минерально-сырьевой базы черной металлургии России и пути их решения	73
<i>Вартамян Г.С.</i>		<i>Старостин В.И., Сакия Д.Р.</i>	
Некоторые деформационные механизмы функционирования эндодренажной системы Земли и сейсмичность	18	Научные чтения имени академика В.И.Смирнова	78
<i>Жамойда А.И.</i>		<i>Сурков В.С., Варламов И.А., Ефимов А.С., Конторович А.Э., Лотышев В.И., Мельников Н.В., Смирнов Л.В., Старосельцев В.С.</i>	
Основные тенденции развития и проблемы мировой геологической картографии в последнюю треть XX века	28	Нефтегазоносность платформенных областей Сибири	85
<i>Константинов М.М., Сидоров А.А.</i>		<i>Федорчук В.П.</i>	
Биогенез и рудообразование	36	Все о полиметаллах Тянь-Шаня	97
<i>Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Кочнев-Первухов В.И., Лобач В.И.</i>		К 100-летию со дня рождения Александра Степановича Хоментовского	100
Оценка возможности воспроизводства запасов твердых полезных ископаемых за счет прогнозных ресурсов	45	К 95-летию со дня рождения Андрея Сергеевича Соколова	102
<i>Круподеров В.С., Куликов Г.В., Липилин А.В.</i>		95-летие Николая Алексеевича Шило	104
Гидрогеодеформационный мониторинг — основные результаты и перспективы развития	50	Поэзии негромкие слова	106

Редакция: *Р.В.Добровольская, Н.С.Рябова*
Верстка и оригинал-макет *Н.П.Кудрявцева*

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ

Подписано в печать 27.03.2008. Формат 60 88/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная.

Адрес редакции: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129 кор. 1
Телефон: 315-28-47. Факс: 313-43-47. E-mail: tsnigri@tsnigri.ru

Отпечатано ООО «Арт Медиа Хауз»

Нас поздравляют

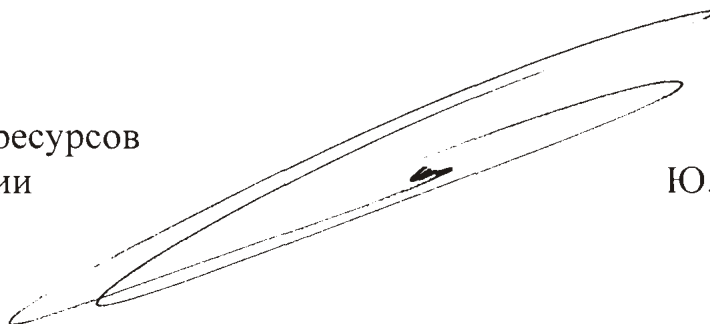
Министерство природных ресурсов России

В марте 2008 г. одному из старейших геологических журналов страны «Отечественная геология» исполняется 75 лет. Основанный выдающимся геологом академиком И.М.Губкиным в 1933 г. под названием «Проблемы советской геологии», журнал полностью сохранил свой стиль, направленность на решение важнейших научных проблем геологии и исследования богатств недр нашего отечества и в дальнейшем после переименований журнала сначала в «Советскую геологию», а затем в «Отечественную геологию».

Редколлегией журнала много сделано и делается для демонстрации минерально-сырьевого потенциала России и субъектов Российской Федерации, пропаганды научно-технических достижений, передовых разработок в сфере науки о Земле и, в первую очередь, результатов прикладных исследований. Страницы журнала не раз становились полем жарких научных споров и дискуссий представителей различных геологических школ и научных теорий.

Поздравляю редколлегию и читателей журнала «Отечественная геология» со славным юбилеем и желаю новых творческих побед и публикаций актуальных работ в сфере геологического изучения недр России.

Министр природных ресурсов
Российской Федерации



Ю.П.Трутнев

Ассоциация геологических организаций России

Ассоциация геологических организаций сердечно поздравляет с 75-летним юбилеем коллектив редакции и членов редколлегии журнала «Отечественная геология».

75-лет журнал верой и правдой служит геологической науке и обеспечивал геологическую общественность научной, методической и производственной информацией, обогащая геологов страны новейшими достижениями в областях научного прогноза, научных достижений, региональных исследований, геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых и многих других областях геологической деятельности.

«Отечественная геология», как ни один специализированный журнал публикует на своих страницах статьи, освещающие широкий круг вопросов. Это и проблемы современной геотектоники, с ее философскими аспектами, новое видение геосинклиналий, мировое минерально-сырьевое обеспечение, новые минерально-сырьевые базы России, геохимические поля золотоносных районов, литолого-стратиграфический контроль золотоносности и многое другое. Страницы журнала всегда были представлены для полемических статей. Важное значение для поддержания традиций отечественной геологической школы имела публикация отдельных статей и целевых номеров в связи с юбилеями ведущих организаций страны.

В разные годы выдающиеся ученые «вели» журнал в качестве главных редакторов. Это академик И.М.Губкин — первый его главный редактор с И.Ф.Григорьев, Е.Т.Шаталов, И.А.Беляевский, Г.И.Горбунов, Н.П.Лавров, В.М.Волков и А.И.Кривцов (главный редактор с 1988 г.).

Отрадно, что на протяжении всех этих лет журнал сохранил свой неповторимый стиль, свои традиционные направления и получил широкую популярность и известность, как в России и странах СНГ, так и в странах дальнего зарубежья. Полагаем, что и впредь журнал будет успешно поддерживать свой имидж и одним из первых информировать геологическую общественность о новейших достижениях отечественной геологии.

Высоко оценивая образовательную и просветительскую роль журнала, уверены, что и впредь журнал будет одним из ведущих геологических печатных органов России.

Надеемся на тесное творческое сотрудничество в области повышения эффективности геологоразведочных работ и защиты интересов геологических предприятий.

Желаем доброго здоровья и успехов в повседневной деятельности всем сотрудникам редакции и членам редколлегии, а также процветания журналу на долгие годы во благо отечественной геологии.

*Президент ассоциации Е.А.Козловский
Вице-президент, ответственный секретарь ассоциации А.А.Романченко
Вице-президент ассоциации А.А.Кременецкий*

Российское геологическое общество

Российское геологическое общество (РосГео) сердечно поздравляет коллектив одного из старейших периодических изданий по геологии, редколлегию журнала «Отечественная геология» со знаменательной юбилейной датой — **75-летием**.

На страницах журнала «Отечественная геология» содержательно освещаются вопросы минерально-сырьевого потенциала России и субъектов Российской Федерации, ведется пропаганда научно-технических достижений и передовых разработок в сфере наук о Земле, а также представлены новейшие результаты прикладных исследований — подбор материала, отражающего необходимые грани проблемы, его представление — опыт многолетней работы редколлегии.

Дорогие друзья, желаем Вам дальнейших успехов в работе, новых интересных публикаций, надежных партнеров, неослабевающего интереса читателей, неиссякаемого жизненного оптимизма, счастья и благополучия Вашим семьям.

*Президент Российского геологического общества,
Председатель Комитета Совета Федерации РФ
по природным ресурсам и охране окружающей среды,
Главный редактор журнала
«Минеральные ресурсы России»
В.П.Орлов*

«Отечественная геология» между двумя юбилеями (2003—2008 гг.)

Исполнилось 75 лет нашему журналу, основанному академиком И.М.Губкиным и традиционно объединяющему передовые идеи геологов России и других стран.

В юбилейный год вспоминается с благодарностью нелегкий труд главных редакторов журнала: И.М.Губкина, И.Ф.Григорьева, Е.Т.Шаталова, И.А.Беляевского, Г.И.Горбунова, Н.П.Лаверова, В.М.Волкова, А.И.Кривцова; их заместителей: А.А.Амирасланова, Г.С.Момджи, Л.В.Пустовалова, М.В.Семеновой, А.И.Жамойды, В.Н.Полуэктова, Г.А.Израилевой, А.Д.Щеглова, С.С.Мухина, Р.В.Добровольской, Г.В.Ручкина и ответственных секретарей Е.И.Баринковой, Н.Э.Красновой, Л.Д.Овчининской.

За годы, прошедшие с 70-летия журнала, его редколлегия и редакционный совет приложили немало усилий для сохранения традиций и «имиджа» этого издания, сложившихся за время его существования.

В первую очередь, это — публикация материалов общероссийских форумов с целью их доведения до внимания широкой геологической общественности в форме целевых тематических номеров журнала. Большой общественный резонанс вызвала публикация материалов Всероссийской конференции «Минерально-сырьевая база территории России и ее континентального шельфа в условиях глобализации мировой экономики» (2002). Впоследствии были изданы целевые номера «V Всероссийский съезд геологов» (2003), «Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений на основе их комплексных моделей — достижения и перспективы» (2006), «Новые горнорудные проекты России» (2007), а также публиковались материалы коллегии Федерального агентства по недропользованию МПР России.

Важное значение для поддержания традиций отечественной геологической школы имела публикация отдельных статей и целевых номеров в связи с юбилеями ведущих организаций, в их числе: «125 лет Геологическому комитету России», «50 лет Геологической службе Якутии», «60-летие НИИКАМ», «20-летие геологоразведочного факультета Якутского государственного университета» и др. Практически ежегодно выходили целевые номера, посвященные геологии и полезным ископаемым Якутии (Саха), раскрывающие строение и перспективы огромной территории Республики.

Журнал систематически публиковал статьи руководителей МПР России и Роснедра, а также отдельные актуальные интервью.

Редколлегия продолжила традицию выноса на обложку журнала наименований проблем и статей, являющихся «ключевыми» для соответствующих номеров. В их число были включены, в частности, следующие темы:

Проблемы современной геотектоники, Философские аспекты геотектоники, Развитие геотектонических идей, Новое видение геосинклиналей, Фундамент Западно-Сибирской плиты, Литосфера Среднего Урала, Литосфера Антарктики, Флюидосистемы Земли, Флюидодинамическая система Южно-Каспийской впадины, Линеаментная концепция геологического строения Алданского щита, Эвстатические колебания и литологическое строение морских осадочных разрезов;

Проблемы нефтегазоносности Байкальской впадины, Нефтегазоносность доманикитов, Жильные коллекторы углеводородов, Физико-геологические модели Ковыктинского месторождения, Новая российская Классификация запасов и ресурсов нефти и горючих газов, Итоги геологоразведочных работ на углеводородное сырье в 2004 г.;

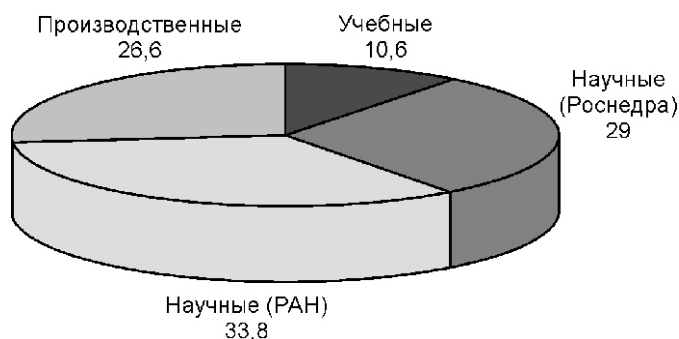
Мировое минерально-сырьевое обеспечение, Минерально-сырьевое обеспечение экономического развития, Новые минерально-сырьевые базы России, Классификации прогнозных ресурсов и запасов полезных ископаемых, Крупные и сверхкрупные рудные месторождения;

Алмазоносные системы, Алмазоносность Анголы; Платиноносные россыпи Корякии, Платиноносность золоторудных месторождений, Золотоносные черносланцевые толщи Южного Урала, Докембрийское золото Курской магнитной аномалии, Геохимические поля золотоносных районов, Литолого-стратиграфический контроль золотоносности;

Фосфоритоносность коры выветривания Сибири, Геохимия древних фосфоритов.

Журнал также обращал большое внимание на правовые основы отечественного недропользования и публиковал работы по полезным ископаемым г.Москва.

«Отечественная геология» сохраняет достаточно широкий круг рубрик, число которых меняется от номера к номеру в зависимости от текущего состояния «портфеля» статей редакции. Всего за 2003—2007 гг.



Авторство в журнале «Отечественная геология» (2003—2007 гг.)

Распределение статей по тематическим рубрикам в журнале «Отечественная геология» с 2003 г. по 2007 г.

Рубрика	Всего (2003–2007 гг.)		2003 г.		2007 г.	
	Число статей	%	Число статей	%	Число статей	%
Рудные и нерудные месторождения	105	18,7	19	18,6	13	11,3
Стратиграфия, региональная геология и тектоника	82	14,6	13	12,7	16	13,8
Памятные даты	57	10,1	1	0,9	20	17,3
Литология, петрология, минералогия, геохимия	47	8,4	3	2,9	12	10,4
Энергетические минерально-сырьевые ресурсы	42	7,5	19	18,6	10	8,7
Организация, управление, экономика, недропользование	35	6,2	2	1,9	8	6,9
Дискуссии	31	5,5	—	—	13	11,3
Геологическое картографирование	28	5	12	11,7	—	—
Металлогения и минерагения	27	4,8	8	7,8	7	6,1
Рецензии	16	2,8	4	3,9	1	0,8
Гидрогеология, инженерная геология	13	2,3	4	3,9	3	2,5
Хроника, информация	13	2,3	1	0,9	3	2,5
Краткие сообщения	11	1,9	—	—	1	0,8
Геодинамика и сейсмичность	9	1,6	—	—	1	0,8
Геофизика и глубинное строение	8	1,4	—	—	2	1,7
Геоэкология	8	1,4	2	1,9	—	—
Отечественное недропользование	7	1,2	2	1,9	5	4,3
Новые публикации	7	1,2	4	3,9	1	0,8
Геология и геофизика Мирового океана	5	0,9	2	1,9	—	—
Зарубежный опыт	4	0,7	3	2,9	—	—
Из редакционной почты	4	0,7	1	0,9	—	—
Методы и методика геологоразведочных работ	2	0,3	2	1,9	—	—
Идеи и проекты века	1	0	1	0,9	—	—
Всего	562	100			116	100

было опубликовано более 560 статей (см. таблицу). 1068 авторов этих работ представляют широкие круги геологической общественности: учебные организации (10,6%), НИИ подведомственные МПР и Роснедра (29%), НИИ системы РАН (33,8%), производственные организации различных форм собственности (26,6%), что отражено на рисунке.

Журнал, не снижая уровня требовательности к статьям и соблюдая систему их объективного рецен-

зирования, продолжает сложившийся стиль демократичности и открытости для публикаций, независимо от научных школ, широко публикуя дискуссии по острым проблемам геологии вопреки отдельным тенденциям «научного изоляционизма».

Редколлегия и редсовет журнала считают своим приятным долгом выразить благодарность рецензентам, авторам и читателям «Отечественной геологии» и поздравить их с 75-летием нашего журнала.

Что публиковал наш журнал

50 лет назад; 2/1958

Ю.Н.Голдин, Н.П.Луппов, Ю.И.Сытин, П.К.Чихачев. Основные особенности тектонического строения территории Туркменской ССР

О.Л.Эйноор. Корреляция и возраст основных разрезов верхнего палеозоя Печорско-Кузнецкой угленосной области

В.В.Белоусов. Типы и происхождение складчатости

Ю.М.Шейнманн. Области интрузий в пределах рам складчатости и их значение

М.И.Ициксон. Распределение оловорудных месторождений в складчатых областях

Г.П.Ованесов, М.М.Казьмин. Новые данные по геологии нефтегазоносных областей Башкирии

К.Л.Пожарицкий. Пути извлечения эффективности геологоразведочных работ и борьба с излишествами в них

А.М.Овчинников и др. О происхождении углекислых минеральных вод

А.А.Смирнов. Генезис CO₂ в современных углекислых подземных водах

А.А.Богданов. Подготовка инженеров-геологов во Франции

50 лет назад; 5/1958

Г.М.Власов. Новые данные по геологии Камчатки и перспективы ее рудоносности

И.А.Русинович. Геологическое строение докембрия железорудного бассейна Курской магнитной аномалии

Л.Б.Вонгаз. Некоторое структурно-фациальные особенности палеозойского фундамента Южного Тянь-Шаня

В.П.Козлов. Значение регионального метаморфизма осадочных пород при поисках нефти и газа

М.А.Петрова. Некоторые особенности локализации оруденения и генезис измененных пород Змеиногорского рудного поля

А.С.Соколов. Основные закономерности геологического строения и размещения осадочных месторождений самородной серы

В.И.Смирнов. Об эффективности геологоразведочных работ

Я.Н.Белевцев и *С.А.Скуридин.* Промышленность должна быть обеспечена детально разведанными месторождениями

А.В.Горох. Некоторые черты среднеуральских колчеданных месторождения

А.Д.Ракчеев. Листвениты из района Карабашских и Кузнецкихинских месторождений

Н.А.Беляевский. Итоги совещания по обобщению опыта проведения геологической съемки и поисков

25 лет назад; 1/1983

Семенович В.В. Проблемы поисков и разведки нефти и газа в одиннадцатой пятилетке

Погребнов Н.И., Лапшин А.А., Хрусталева Г.К. О систематике твердых горючих ископаемых

Кривцов А.И., Нарсеев В.А. Геологоразведочный процесс и прогнозно-поисковые комплексы

Вафин Р.Ф., Близеев Б.И., Зинатов Х.Г., Урасин М.А., Расковалкин А.И., Коришунов Л.А. Опыт системного анализа материалов космических съемок при тектонических и прогнозных исследованиях

Самарцев И.Т. Количественная прогнозная оценка некоторых золоторудных месторождений

Заскинд Е.С., Конкина О.М., Кочнев-Первухов В.И. Распределение никеля и меди в рудах одного из массивов Печенги

Веретенников В.М., Горбунов Ю.В., Грошенко А.Р., Жукова Т.Б., Новгородова М.И. Типоморфные особенности жильного кварца Кумакского рудного поля (Южный Урал)

Степанов В.А., Берзон Р.О. О связях золота и ртути в рудообразующих процессах

Губарева В.С., Миняева Е.Г. Граница турнейского и визейского ярусов в Урало-Поволжье

Путинцев В.К., Заблоцкий Е.М., Кабаков О.Н., Пуриг В.В., Селиванов В.А., Смирнова Г.П., Соловьева Н.М., Степанов Н.И., Филина Л.П. Орогенные мезозойды Дальнего Востока и их структурно-формационные особенности

Величкин В.И., Воловикова И.М. Околоинтрузивная зональность рудоносных метасоматитов в Чешском массиве

Металиди С.В., Зинченко О.В., Металиди В.С. Связь метасоматизма и рудообразования с Суцано-Пержанской тектонической зоне (Украина)

Орлов В.Г. Возможности биогеохимического метода при поисках месторождений молибдена в Сибири

Кунин Н.Я. Сейсмостратиграфический метода его применение при изучении нефтегазоносных бассейнов СССР

Арабаджи М.С., Варламов В.Г., Мильничук В.С., Такаев Ю.Г. Гидродинамика пластовых вод подсоленного палеозоя Прикаспийской синеклизы

Геологи-лауреаты Государственной премии СССР 1982 года

Попов В.В. Новый шаг в изучении структур рудных полей и месторождений

Евсеева Л.С., Бродин Б.В., Бирка Г.И. О книге А.А.Черникова «Поведение урана в зоне гипергенеза»

Швецов П.Ф. О книге С.И.Смирнова «Региональная динамика подземных вод седиментационных бассейнов»

Редколлегия журнала

ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» в «Отечественной геологии» — минерально-сырьевая база неметаллов

Е.М.АКСЕНОВ, Р.К. САДЫКОВ (ЦНИИГЕОЛНЕРУД)

Юбилейные даты всегда заставляют вспомнить результаты тех прошедших лет, дать определенную им оценку, понять какой фундамент они заложили для реализации дальнейших планов.

Ведущему научному геологическому журналу «Отечественная геология» (бывшая Советская) исполнилось 75 лет. С момента создания журнала в 1933 г. Он играет важную роль в становлении и развитии минерально-сырьевой базы страны, являясь катализатором геологической мысли и знаний, их научной апробации и связующим звеном геологоразведочного процесса с изучением и оценкой недр.

В 1963 г., когда Казанский геологический институт, (сейчас Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых — ФГУП «ЦНИИГеолнеруд») вошел в состав Государственного геологического Комитета СССР, на него были возложены функции головной научно-исследовательской организации по проблемам нерудного минерального сырья, из которых приоритетными были:

изучение закономерностей формирования и размещения месторождений нерудных полезных ископаемых;

комплексная оценка состояния и прогноз ресурсов нерудного минерального сырья территории СССР и его регионов с составлением геолого-экономических, минерагенических и прогнозных карт;

разработка и совершенствование методов прогноза, поисков, разведки и оценки месторождений;

изучение свойств неметаллов и установление рациональных путей их использования;

координация и определение направлений научно-исследовательских и геологоразведочных работ.

Вполне закономерно, что научно-производственная деятельность института по геологическому изучению и оценке недр территории бывшего СССР и России, развитию минерально-сырьевой базы неметаллов была тесно связана с апробацией своих идей, знаний, выдвигаемых направлений на страницах журнала «Отечественная геология».

Начиная с 1966 г. в журнале было опубликовано свыше 85 научных статей сотрудников института, и создалась своего рода триада, увязавшая воедино научно-производственную деятельность — научную апробацию — минерально-сырьевую базу.

На страницах журнала были опубликованы и апробированы работы по закономерностям и условиям формирования, размещения месторождений, минера-

геническому районированию цеолитов (А.С.Михайлов и др., 1970, 1979), природной соды (Ю.В.Баталин и др., 1973), давсонита (Ю.В.Баталин и др., 1975, 1983), вулканогенно-осадочных боратов (А.А.Озол, 1976), бишофита (А.И.Азизов, 1979), калийных солей (И.Н.Тихвинский, 1976, 1981, 1988), апатита (Р.М.Файзуллин и др., 1982), флюоритоносности центральных районов Восточно-Европейской платформы (В.Г.Чайкин, 1982, 1990), битумнефтегазоносных бассейнов (Р.Н.Валеев и др., 1979), твердых битумов (Р.М.Гисматуллин и др., 1976) и др.

Большое значение в работе института придавалось систематике нерудных полезных ископаемых (Н.Н.Ведерников и др., 2000), генетической и геолого-промышленной классификации месторождений в корях выветривания (Б.Ф.Горбачев и др., 1975), апатита (Р.М.Файзуллин и др., 1980, 1984), огнеупорных глин и каолинов (Б.Ф.Горбачев и др., 1978, 1982), новым типам месторождений фосфоритов (Б.Ф.Горбачев, 1981), шунгита (С.Г.Глебашев и др., 1989), барита (Г.Г.Ахманов, Н.Г.Васильев, 2007), гомологическим рядам месторождений асбеста и сопряженных видов сырья (Н.Н.Ведерников, 1993), парагенезу доманикоидных и эвапоритовых отложений (В.Л.Штейнгольц и др., 1986), рудноформационному анализу и эволюции рудогенеза апатитового оруденения (Р.М.Файзуллин, 1997; Р.М.Файзуллин и др., 2001), галогенных формаций (Ю.В.Баталин и др., 1998), проблеме генезиса сернистых нефтей (Н.Б.Валитов, 1973), этапности экзогенного оруденения (В.Г.Чайкин, В.А.Антонов, 1985).

Важнейшей проблемой, стоявшей перед институтом, в решение которой вложил свою лепту журнал «Отечественная геология», была разработка научных основ, методов и методик прогноза, поисков и оценки месторождений нерудных полезных ископаемых, прогнозно-поисковых комплексов и создание моделей объектов различного масштаба.

На страницах журнала до широкой геологической общественности были доведены научные разработки по проблемам прогноза месторождений неметаллов (А.А.Озол, 1987), принципов и методов прогноза месторождений самородной серы (А.И.Отрешко, 1966), магнезита (В.А.Тимесков, 1983), геологических критериев прогнозирования и поисков месторождений остаточных и переотложенных каолинов (Б.Ф.Горбачев, Г.П.Васянов, 1970), принципов и методов палеогидрогеохимических исследований (Е.Ф.Станкевич, 1987), прогнозно-поисковых критериев комплексных апатитсодержащих месторожде-

ний (Е.В.Беляев, И.В.Дьячков, 1994), о состоянии и задачах локального прогноза нерудных полезных ископаемых (Н.Н.Ведерников и др., 1987), методик и технологий геофизических и геолого-геофизических работ (Г.Е.Кузнецов, П.В.Вишневский, 1995), а также методов и методик прогноза и оценки месторождений апатита, магнезита, флогопита, асбеста, каолина и других на основе минералого-петрографических, геохимических, геофизических исследований (Р.М.Файзуллин и др., 1976, 1977; Р.Ш.Харитонов и др., 1979; И.С.Гузинов, 1982; Г.И.Бурд и др., 1982; В.А.Тимесков и др., 1983; В.С.Тохтасьев и др., 1994 и т.д.).

Проблеме моделирования объектов были посвящены статьи Р.Ф.Вафина и М.И.Карповой (2006) «Система моделей объектов неметаллических полезных ископаемых при решении геологоразведочных задач (на примере фосфоритовых объектов)» и С.О.Зориной (2006) «Секвенс-стратиграфическая модель размещения твердых полезных ископаемых мезозоя на востоке Русской плиты».

Методика изучения и оценки техногенных месторождений была освещена в работе Г.Г.Ахмановой и Н.Г.Васильевой (1996).

Опубликованные работы И.Л.Шаманского были посвящены геолого-экономической оценке неметаллических минеральных ресурсов (1975) и методам оптимального размещения объемов геологоразведочных работ (И.Л.Шаманский и др., 1980).

Большую роль в изучении, оценке и развитии минерально-сырьевой базы нерудных полезных ископаемых, несомненно, сыграли труды сотрудников ФГУП «ЦНИИГеолнеруд», в т.ч. опубликованные на страницах журнала «Отечественная геология».

В одной из первых статей, напечатанных в журнале и посвященных оценке состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы, была дана (весьма актуальная и в настоящее время!) оценка сырьевой базы цементной промышленности (Ю.В.Сементовский, 1966). В последующие годы были напечатаны результаты оценки сырьевых баз и предложены основные направления изучения и использования цеолитов (А.С.Михайлов, 1979), крем-

нистых пород Поволжья (У.Г.Дистанов, 1967), калийных солей, серы и боратов Прикаспия (И.Н.Тихвинский, 1974; И.Н.Тихвинский и др., 1986), вулканогенно-осадочных боратов Памира (А.А.Озол, 1975), апатита Карело-Кольского, Чаро-Олёкминского и Забайкальского регионов (Р.М.Файзуллин и др., 1981, 1986, 1991), сырья для фарфоро-фаянсовой промышленности (Б.Ф.Горбачев и др., 1987), а также комплексной оценке на базе научно-методического и аналитико-технологического обеспечения и сопровождения геологоразведочных работ и перспективам направления развития минерально-сырьевой базы Южного федерального округа (Е.В.Беляев и др., 2006, 2007).

Среди важнейших результатов такого научного сотрудничества базового института и журнала «Отечественная геология» необходимо отметить создание минерально-сырьевой базы цеолитов в СССР (пятеро сотрудников института в 1989 г. стали лауреатами премии Совета Министров СССР — П.О.Аблямитов, А.И.Буров, В.В.Власов, У.Г.Дистанов, А.С.Михайлов) и каолинов на Южном Урале и Мугоджарах, возвращенные геологоразведочные работы по оценке Северо-Прикаспийского и Калининградско-Гданьского солеродных бассейнов на калийные соли, на цементное и агрохимическое сырье, природные сорбенты в Приволжском, Южном и Центральном федеральных округах, проведенную переоценку прогнозных ресурсов по состоянию на 1 января 2003 г. и др., а главное — разработку стратегических направлений геологоразведочных работ в рамках «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья на 2005—2010 годы и до 2020 года».

Поздравляя с юбилеем, желаем журналу «Отечественная геология» дальнейших творческих успехов на благо всей отечественной геологии, обеспечивающей минерально-сырьевыми ресурсами современное и будущее поколения нашей Родины.

Гравитационная неустойчивость и минерагенические системы Земли

А.Н.БАРЫШЕВ (ЦНИГРИ)

За 75 лет существования журнала «Отечественная геология» в нем неоднократно поднимались вопросы тектонических и геодинамических основ минерагении. При этом важно отметить, что журнал в отличие от ряда других не стремился, выражаясь словами В.В.Маяковского, «задрать штаны бежать за комсомолом», предоставляя свои страницы только приверженцам новых модных геотектонических концепций, какой, например, в свое время оказалась тектоника литосферных плит. Журнал публиковал статьи сторонников разных взглядов, в т.ч. и, казалось бы, устаревших, что способствовало выявлению сильных и слабых сторон концепций и решению дискуссионных проблем. Последним «криком моды» в геотектонике и геодинамике явилась концепция плюмов. Термин плюм используют применительно к глубинным поднятиям. Этимологически термин не вполне удачен (лат. *pluma* — перо), т.к. им именуют поднятия, морфологию которых трудно уподобить перу. В этом отношении В.Е.Хаин отмечал, что пока отсутствуют данные геофизики, которые могли быть истолкованы как корни плюмов. Реально фиксируются лишь глубинные неоднородности в поле скоростей сейсмических волн, которые могут быть проинтерпретированы в качестве поднятий, не имеющих узкого, как у плюма (пера), корня. Таким образом, концепция плюмов возрождает по сути дела на новой, преимущественно сейсмотомографической, основе прежние разработки по мантийному диапиризму, обусловленному гравитационной геодинамикой. Важнейший феномен проявления гравитационной неустойчивости — пространственная периодичность в размещении геодинамических и минерагенических систем.

Общие основы геодинамики, реализующей гравитационную неустойчивость. Существенный вклад в разработку гравитационной тектоники и геодинамики внесли Рейн В. Ван Бемеллен и Ханс Рамберг [18, 19]. Первый выдвинул в 30-е годы XX столетия концепцию разномасштабных, разноглубинных ундаций (волн). Второй теоретически и экспериментально на моделях показал закономерности волновой геодинамики вязких сред. С этих позиций тепловую конвекцию в мантии, адвекцию (ограниченную по фазе, т.е. без полного кругооборота конвекцию), горячие мантийные плюмы, дрейф литосферных плит, сжатие и расширение в теле Земли сторонники гравитационной тектоники и геодинамики рассматривают сейчас как перераспределение потенциальной гравитационной энергии [19]. Установление зависимости размеров волн в вязкой среде от величины вязкости и мощности слоев в гравитационном

поле Земли, а также установление периодического повторения в пространстве определяемых ими геодинамических и металлогенических систем, позволяют использовать выявленные закономерности в качестве критериев при прогнозе полезных ископаемых [5, 6, 7]. Важно и то, что математическое описание физических основ гравитационной тектоники, в отличие от не имеющей таких основ концепции тектоники плит, позволяет установить четкую связь между иерархией геодинамических систем и соответствующими разномасштабными металлогеническими системами (таксонами).

Рудообразование, создающее крупные компактные концентрированные массы полезного ископаемого, относится к завершению длительного и сложного процесса общей дифференциации вещества Земли. Эта дифференциация происходит на разных масштабных и глубинных уровнях не только в расплавленном, но и практически твердом состоянии. В эндогенной металлогении обычно анализируются определенные магмы, растворы или твердые вещества, из которых непосредственно выносятся рудные компоненты. Весьма мало внимания уделяется более ранним движениям и дифференциации геологической среды, предшествующим процессам магмо- и рудообразования.

Важнейший фактор, приводящий к движению и дифференциации вещества Земли — гравитационные силы. Предельно устойчивой, с точки зрения минимума гравитационного потенциала, является двухслойная система с нижним максимально плотным (тяжелым) и верхним минимально плотным (легким) слоями. Если сверху залегает более плотный слой, то на границе с подстилающим слоем возникают волны разной длины, стремящиеся перевести систему в устойчивое состояние. При этом в зависимости от мощности слоев, вязкости и разницы плотности их веществ существует такая длина волны, у которой рост амплитуды происходит наиболее быстро [18]. Эти причины вызывают волновые деформации в вязкой среде, что приводит к зарождению и развитию конвекции или адвекции.

Условия реализации конвекции и адвекции, а также форма поднимающихся масс определяются критическими числами Рэлея R_1 и R_2 , при $R_1 > 1,7 \cdot 10^3$ — в виде вала, а при $R_2 > 10^4$ — в виде ячеек (колонн) [10].

Для случая тепловой конвекции в уравнении Рэлея критическое число R — критерий подобия, характеризующий отношение потока тепла в жидкости или газе за счет подъемной (архимедовой) силы, возникающей вследствие неравномерности поля температу-

ры у поверхности тела, к теплопроводности среды. Числитель уравнения характеризует архимедову силу, а знаменатель — факторы, препятствующие всплыванию. В модифицированном уравнении Рэлея смысл его не изменится, если анализировать любую архимедову силу (возникшую не только за счет температурного разуплотнения), а факторы, препятствующие всплыванию, помимо вязкости, характеризовать коэффициентом релаксации напряжений от архимедовой силы [7]. При очень длительных деформациях горные породы ведут себя подобно ньютоновым жидкостям, поэтому к ним применимы в этих условиях законы конвекции и адвекции.

Нагретые глубинные массы, поднимаясь в область меньших литостатических давлений, последовательно снижают свою вязкость. Вывод уравнений подобия для конвективных систем разного размера позволил установить, что в гравитационном поле уменьшение вязкости на три порядка сопровождается уменьшением размера конвективной ячейки на один порядок [5]. Это приводит к развитию фрактальной структуры адвективной системы, в которой на крупных поднятиях образуется серия мелких волновых осложнений, а на каждом мелком — серия еще более мелких. Фракталы геодинамической системы и их иерархия могут быть сопоставлены с металлогеническими таксонами (см. таблицу). В связи с тем, что металлогеническая практика сталкивается с объектами и картами, размеры и масштабы которых отличаются менее чем на порядок, металлогеническая таксономия в таблице имеет более дробное членение.

Очевидно, что гравитационная дифференциация вещества Земли наиболее интенсивно происходит на нескольких разноглубинных и разномасштабных уровнях, где геологическая среда обладает относительной пониженной вязкостью. Первый наиболее крупный и наиболее глубинный уровень соответствует внешнему, жидкому ядру; второй — астеносфере; третий — серии магматических очагов и их частных камер в литосфере; четвертый — поверхности Земли, гидросфере и атмосфере, гравитационную дифференциацию в котором принято рассматривать как экзогенные процессы. Несомненно, что на первом уровне дифференциации развиваются структурные элементы разных порядков. Однако из-за большой глубины протекающих там процессов мы фиксируем лишь наиболее крупные, которые отвечают структурам первого порядка. Факторы, вызывающие и увеличивающие гравитационную неустойчивость, имеют разные причины.

Основной фактор глобальной гравитационной неустойчивости — тепловое расширение и разуплотнение в восходящих частях конвективных систем. Этот фактор в системах I порядка обуславливает конвекцию в жидком ядре, ядерно-общемантийную адвекцию, приводящую к образованию верхнемантийных астеносферных областей над выпуклостями ядра

(под океанами) и зон над его вогнутостями. Такой же фактор при вязкости астеносферы 10^{20} — 10^{21} П в системах II порядка приводит к адвекции в виде валов (под срединно-океаническими хребтами, под линейными квазиокеаническими бассейнами типа Палеоуральского) и ячеек (под окраинами Тихого океана, Тетисом, Западной Сибирью, Паннонской впадиной и др.). Данный фактор проявляется в системах III порядка, зарождающихся в верхнем слое астеносферы при вязкости 10^{17} — 10^{18} П, а так же в магматических очагах и их камерах при вязкости от 10^{14} П и менее. Здесь и далее вязкости, характеризующие состояние вещества, приведены усредненными для системы определенного порядка в целом, при наличии вариаций вязкости и плотности в их частях. По причине этих вариаций в адвекцию крупной системы могут вовлекаться ее части, обладающие большей плотностью. Так, например, в восходящих каналах адвективных систем II порядка могут извлекаться ранее субдуцированные толщи гипербазитов и базитов, которые сейчас фиксируются в ядрах орогенов.

Другой фактор, увеличивающий гравитационную неустойчивость и соответственно архимедову силу, — увеличение вертикальной мощности разуплотненного слоя в смыкающем крыле флексуры (подобно увеличению длины поплавка). Этот фактор наиболее ярко проявляется в линеаментах, контролирующих кимберлиты и карбонатиты [6].

Третий фактор, приводящий к гравитационной неустойчивости, — сползание шарьяжей, сложенных толщами повышенной плотности (например, офиолитами) на менее плотные толщи автохтона. Постшарьяжная адвекция, вызванная подобного рода гравитационной неустойчивостью, имеет разные выражения. Например, на Урале позднепалеозойские палингенные гранитоиды, сопровождаемые редкометалльными месторождениями, адвектируют (всплывают) из автохтонного блока, прилежащего к окраине Восточно-Европейской платформы, через шарьяжи более древних толщ [5]. Такие толщи вмещают колчеданные месторождения и среднепалеозойские гранитоиды, сопровождаемые медно-порфировыми и золоторудными месторождениями. При этом примечательно, что допозднепалеозойские натриевые и калий-натриевые гранитоиды в шарьяжированных толщах имеют хлорную специализацию, а постшарьяжные калиевые граниты — фторную [9]. Наследование гранитами фторидов автохтона обосновывается наличием существенных концентраций флюорита в стратиформных свинцово-цинковых месторождениях в раннепалеозойских карбонатных толщах автохтона.

К подобного рода проявлениям адвекции можно отнести адвекцию нефти из автохтонных осадочных толщ в кристаллические породы, в т.ч. гранитоиды аллохтонных блоков. Примером служат уникальные месторождения Белый Тигр, Дракон и другие на

Иерархическая схема геодинамических систем и металлогенических таксонов (в скобках примеры)

Размерный порядок геодинамической системы и ее ранг	Субизометричные		Линейно вытянутые		Масштабы карт при выделении таксона
	Таксоны	Примерный размер поребрика, км	Таксоны	Примерная длина, км	
I Глобальный	Планетарная металлогеническая провинция (Тихого океана, Атлантического океана, Евразийская)	10 000	Планетарный металлогенический пояс (Западно-Тихоокеанский, Восточно-Тихоокеанский, Средиземноморско-Гималайский)	10 000	1:50 000 000 1:10 000 000
	Планетарная металлогеническая субпровинция (Южно-Тихоокеанская, Северо-Атлантическая, Южно-Атлантическая, Северо-Американская, Южно-Американская)	3 000—7 000	Планетарный металлогенический субпояс (Средиземноморский, Кордильерский, Андийский)	5 000—7 000	
II Провинциальный	Металлогеническая провинция (Восточно-Европейской платформы, Западно-Сибирская, Сибирской платформы, Анадырско-Верхояно-Кольмская, Забайкало-Хинганско-Сихотэ-Алиньская)	2 000—3 000	Металлогенический мегапояс (Уральский, Сихотэ-Алиньско-Охотско-Чукотский)	2 000—3 000	Обзорные 1:5 000 000 1:2 500 000 (1:1 000 000)
	Металлогеническая провинция (Хангай-Алтае-Саянская, Казахстанская, Охотского моря, Байкало-Витимо-Нерчинская, Тунгусской синеклизы)	800—2 000	Металлогенический пояс (Верхоянский, Курильский островодужный, Сихотэ-Алиньский, Алтае-Саянский)	1 000—2 000	
III Региональный	Металлогеническая субпровинция (Кольмская, Курильской котловины, Прикаспийская, Анабарского щита, Центрально-Казахстанская), Алтае-Саянская	400—600	Металлогенический субпояс или субпровинция (Западно-Саянский, Восточно-Саянский, Енисейского кряжа, Прибалхашский)	400—600	
	Металлогеническая область	300	Металлогеническая зона	300	Мелкие 1:1 000 000 1:500 000
IV Очагово-узловой	Рудный район	100	Рудная зона	100	Средние 1:200 000 1:100 000
	Рудный (магматогенно-рудный) узел	30			
V Локальный (камерный)	Рудное поле			10	Крупные и детальные 1:50 000 1:10 000
	Месторождение			2—4	
VI Апофизный (мелький шток)	Рудное тело, залежь, небольшая трубка				1:5 000 и крупнее

шельфе Южно-Китайского моря. В них, по мнению автора данной статьи, позднемезозойские гранитоиды представляют собой аллохтонные блоки (клиппы), сползшие с орогена восточной окраины Индокитайского полуострова на кайнозойские нефтегазоносные осадочные толщи палеодельты р. Меконг. Существуют, однако, иные представления о природе гранитоидных блоков как выступов фундамента [2]. Нефтегазоносность фундамента связывается с трансформацией органики, содержащейся в осадочных породах, затянутых позже в зону субдукции [3]. Вместе с тем отмечается: «интрузивные тела (блоки) позднемезозойского возраста (J_3-K_2), которые содержат залежи нефти и являются потенциальными ловушками при наличии облегающих их глинистых пород эоцен-олигоценевого возраста» [2, с.156] (курсив мой — А.Б.).

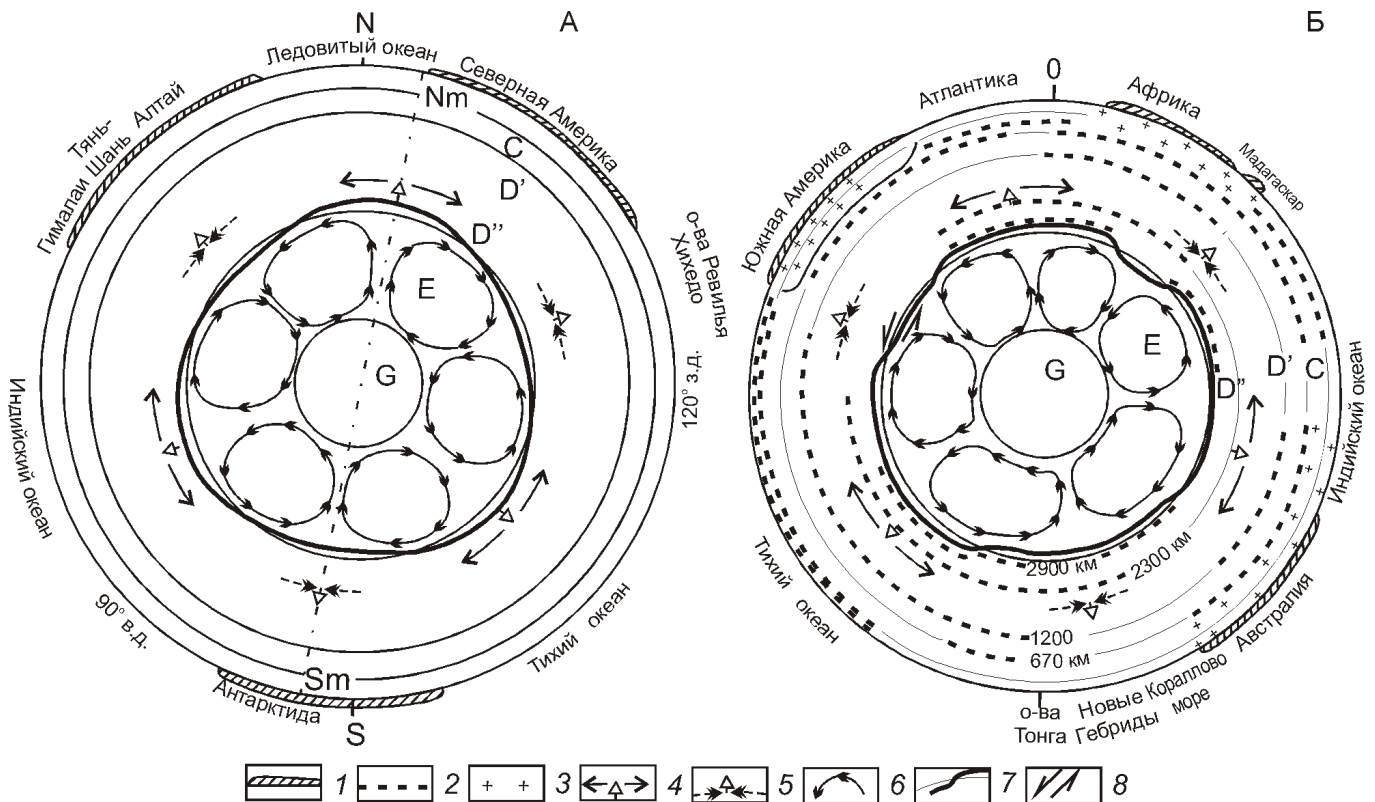
С более широкомасштабной реализацией гравитационной неустойчивости, возникшей за счет надвинутых аллохтонных блоков, может быть связана уникальная нефтегазоносность Севера Аравии и Персидского залива. Как известно, Аравийская плита сползла с мантийной ячеи II порядка (с центром в области трехлучевого сочленения Афар) и за последние 20 млн. лет перекрыла мощные осадочные толщи палеозоя, мезозоя и кайнозоя восточной Средиземноморской части Тетиса [22]. В настоящее время скважинами вскрываются юрские и более молодые толщи Аравийской плиты [15]. Существенно меньшая нефтегазоносность толщ Севера Африки, которые до смещения Аравийской плиты были ее западным продолжением, позволяет предположить существенное обогащение толщ плиты за счет миграции нефти из толщ автохтона. Наличие поднадвиговых резервуаров нефти неоднократно отмечалось в разных регионах Земли [3]. Подпитка нефтью верхних толщ за счет нижних вплоть до настоящего времени так же хорошо известна [1, 11].

Неустойчивость в системах разного порядка (фракталах общей системы). Геодинамические системы I порядка, соответствуют крупным (объединенным) восходящим потокам тепловой конвекции в жидком ядре Земли и расположенным выше адвективным ячеям в мантии и литосфере под океанами. На это указывают поднятия поверхности ядра под океанами, что установлено сейсмической томографией [23]. Впадинам поверхности ядра соответствуют окраины Тихого океана, Восток Африки, Тетис (Средиземноморье, Гималаи, Карибский бассейн) и Антарктида. Таким образом, современные осложнения поверхности ядра можно аппроксимировать объемной волновой моделью, в которой положительные фазы волн расположены подобно вершинам тетраэдра, одна из которых расположена под северным магнитным полюсом (см. рисунок) [5]. Древним Панталассе и Пангее, вероятно, соответствовало ядро с осложнением поверхности в виде одной волны.

Влияние особенностей геодинамического развития систем I порядка на металлогению обычно рассматривается с точки зрения характера магматизма, присущего океанам, литосфера которых подстилается древней мощной астеносферой, определяющей спрединг. С позиций гравитационной адвективной и конвективной геодинамики представляется, что именно системы I порядка определяют зарождение разных зон с астеносферой, участвуют в существенном преобразовании не только литосферы, но и всей мантии. Все это может влиять на геохимическую специализацию последующих рудоносных процессов. В этом аспекте может найти объяснение уникальная оловоносность Западно- и Восточно-Тихоокеанского планетарных металлогенических поясов, которая отражается в различных разновозрастных рудных формациях. Тихий океан — единственный на Земле бассейн, развивавшийся в течение более 1 млрд. лет, обрамляемый поясами ячеистых геодинамических систем II порядка (ячейками типа Яно-Колымской, Охотской и другими поперечником около 2 тыс. км каждая). Вероятно, что только длительные и широкомасштабные пластические течения способны были отогнать огромные массы мантии и литосферы с оловом на периферию крупнейшей Тихоокеанской конвективно-адвективной системы, создав оловоносный протолит для последующего магматизма.

Гравитационная дифференциация в сочетании с ротационным режимом Земли имеет определенные геодинамические и металлогенические следствия. Гравитационная неустойчивость приводит к обмену (всплыванию—погружению) масс, а отсюда разному их поведению в ротационном поле Земли. Перемещение более плотных масс на глубину (или к оси вращения по поверхности) при переносе количества движения и стремлении к его сохранению способствует замедлению вращения внешних оболочек Земли (причем особенно сильно в приэкваториальных широтах) и увеличению скорости вращения внутренних оболочек. В результате образуются крупные зоны сдвиговых деформаций, выражающиеся в глубоко проникающих трансформных разломах близширотного простирания.

Крупные трансформные разломы, несмотря на явное глубокое заложение, сопоставимое с мощностью литосферных плит, как правило, не контролируют размещение вулканических аппаратов. Исключением могут быть их отрезки, характеризующиеся трансформацией, где образуются бассейны типа pull-apart с вулканитами. В аспекте вскрытия литосферы на большую глубину, роль трансформных разломов может быть важной для месторождений типа эпитепидальных ртутных, имеющих косвенную геохимическую связь с гипербазиитами, на что обращала внимание Н.А. Озерова. Косвенным подтверждением того служит серия близширотных трансформных разломов в Средиземноморье, где, кроме того, поднята



Схематические разрезы Земли, модели конвективных ячеек и осложнений ядра:

А — теоретическая модель ядра в разрезе-развертке по меридиану 90° в.д.—оси Земли—меридиану 120° з.д.; Б — разрез по параллели 20° ю.ш. (вид с юга по [23] с дополнениями); С, D, D', E, F, G — слои по К.Буллену, N—S — ось вращения Земли, Nm—Sm — предполагаемая ось вращения ядра относительно мантии (магнитная ось); 1 — континенты; области аномально: 2 — пониженных и 3 — повышенных скоростей сейсмических волн; 4 — подъем и вызванный им спрединг нижней мантии; 5 — продольное расплющивание (скупивание) и вызванный им подъем мантии; 6 — направление генерализованных конвективных потоков во внешнем ядре; 7 — отклонения поверхности внешнего ядра от шарообразной формы; 8 — направление вращения ядра относительно мантии

мантия. Крупнейшее в мире ртутное месторождение Альмаден с гидротермально-осадочными рудами в раннесилурийской терригенно-сланцевой толще расположено сейчас севернее крупнейшего Гвадалquivирского трансформного разлома, наибольшие перемещения по которому связаны с позднемезозойской геодинамикой [22]. Однако разлом мог иметь более древнее заложение, и контролируемое им раннесилурийское месторождение Альмаден могло сместиться в связи с наложенной тектоникой, общим смещением толщ Иберийского полуострова к северу в палеозойское время. С другим еще более крупным Транспиренейским трансформным разломом, сопровождаемым в позднем палеозое и мезозое узкими впадинами типа pull-apart, также ассоциируют месторождения ртути, в т.ч. перемещенные в аллохтонах и реювенированные в кайнозойское время [22].

Зарождение зон астеносферы логично связывать с подъемом и расползанием мантии над выпуклостями и соответственно скупиванием мантийных масс над впадинами ядра (см. рисунок). Скупивание приводит к подъему глубинных нагретых масс, которые ввер-

ху, в области декомпрессии снижают свою вязкость, причем более интенсивно над впадинами ядра. Так, например, мощность астеносферы под окраинными морями Запада Тихоокеанского бассейна достигает 300 км [5, 7], в то время как под океаном составляет около 170 км [14]. Вязкость астеносферы оценивается в 10^{20} — 10^{21} П [4].

Ячеистые системы II порядка определяются адвекцией только мощной астеносферы над впадинами ядра (при втором числе Рэлея). В планетарных поясах в литосфере ячейки образуют серию периодически повторяющихся структур типа окраинных морей запада Тихого океана или сводово-глыбовых провинций с депрессиями в центре (Казахстанская, Панноско-Карпатская провинции). Для западной окраины Тихого океана шаг между ячейками II порядка (окраинными морями) составляет около 1,5—2,0 тыс.км. В планетарном поясе Тетис ячейки II порядка, кроме того, часто расчленяются на ряд более мелких ячеек размером 0,5—0,6 тыс.км. Примером служат Западная и Восточная котловины Черного моря, Эгейская и Центрально-Малоазиатская впадины в Балкано-Малоазиатской провинции, Колумбийская и Венесуэ-

льская котловины в Карибском море, моря Банда, Сулавеси и другие на сочленении поясов Тетис и Западно-Тихоокеанского [5, 22].

В отличие от адвекции в виде валов, которая сопровождается лишь спредингом литосферных масс, ячеистая адвекция в системах II порядка из-за большей архимедовой силы способна «вывернуть наизнанку» недра Земли. Ячеистая адвекция сопровождается краевыми эффектами, к которым относятся центростремительная субдукция в виде сжатой синклинали, а выше — центробежная обдукция в виде глубинного покрова пеннинского типа. В тылу зоны обдукции происходит эдукция (извлечение) субдуцированных метаморфизованных толщ, которые слагают ядра орогенов и служат фундаментом магматических дуг. Нечто подобное можно наблюдать в ячее грибообразного облака при атомном взрыве. В центре происходит эдукция, вверху — центробежная обдукция, а по краям внизу — центростремительная субдукция (лат. *sub* — под, *ductio* — ведение).

Субдукция и развитие островных дуг не являются прямым следствием компенсации спрединга океанических литосферных плит [5, 8]. На независимость ячеистой мантийной адвекции и субдукции от океанического спрединга указывает большая архимедова сила всплывающей астеносферы под окраинными морями по сравнению с океанами, где отсутствуют ячеистые структуры II порядка. Формирование дуг определяется конвективными (адвективными) ячейками II порядка. Дуги принадлежат к обрамлению ячей, периодически повторяются в пространстве, сменяя одна другую, как и сами ячейки. Земная кора задуговых ячей (например, Паннонской впадины или окраинных морей типа Охотского) соответствует металлогеническим провинциям, а обрамляющих дуг — металлогеническим поясам. Именно восходящий поток в конвективных ячейках II порядка приводит к тому, что субдуцированные толщи начинают извлекаться, попадают в обстановку декомпрессии, плавятся, определяя тем самым магматизм и соответствующую металлогению островных дуг и активных континентальных окраин [5].

Таким образом, определяющую роль в образовании всех упомянутых структур играет адвекция (мантийный диапризм и его краевые эффекты), т.е. то, что инициируется гравитационной неустойчивостью.

Итак, в системах II порядка осуществляется дальнейшее, вслед за системами I порядка, преобразование строения литосферы и собственно земной коры, что влияет на их общую геохимическую специализацию. В центре ячей (окраинные моря, внутриконтинентальные изометричные депрессии, фундамент платформ) в литосфере относительно усиливаются симатические черты специализации; по периферии ячей (островные дуги, орогены активных континентальных окраин, щиты, обрамляющие платформы) — сиалические. Эти черты специализации протолита определяют позже металлогенические особенности магматических очагов.

Краевые эффекты процессов, формирующих системы II порядка, определяют региональный метаморфизм в зонах субдукции и обдукции, способствующий отжиманию сред пониженной вязкости (в т.ч. рудоносных растворов) в области нагнетания. Весьма важным фактором, следующим из геодинамики систем II порядка, может быть приобретение субдуцированными рудоносными толщами вертикального положения при их извлечении вверх (т.е. в зоне эдукции), когда оформляется фундамент краевых вулканно-плутонических поясов. Это обеспечивает регенерацию больших масс рудного вещества раннеорогеновыми интрузиями, несмотря на ограниченную площадь горизонтального сечения таких масс. Примером может служить формирование крупнейших месторождений медно-порфирового семейства.

В системах III порядка, зарождающихся при вязкости 10^{17} — 10^{18} П в верхних слоях астеносферы по волновому закону, гравитационная неустойчивость приводит над положительными фазами волн к формированию областей с наиболее благоприятными условиями для образования групп крупных рудогенерирующих магматических очагов, т.е. к дифференциации металлогенических поясов и зон на металлогенические области с наибольшей продуктивностью (т.е. на суперрайоны) и области менее продуктивные [5, 6, 7]. Подобное явление присуще как собственно магматогеенным месторождениям цветных и благородных металлов, так и транспортировке вверх алмазоносной среды [6].

В системах IV порядка, т.е. в магматических очагах, зарождающихся при вязкости 10^{14} П и меньше, и надочаговом пространстве реализуются подготовительные факторы систем I—III порядков (мощность перерабатываемой литосферы и земной коры, их суммарная геохимическая специализация, геологическая структура среды, превращаемой в магмы, структуры надочаговой области). Одна из весьма существенных геодинамических предпосылок образования крупных рудных месторождений — приуроченность рудоконтролирующего магматического очага к суперрайону, т.е. металлогенической области, занимающей позицию над положительной фазой адвективной волны. Длина этой волны составляет, как правило, около 300 км. Важная закономерность размещения крупных месторождений — их приуроченность к магматогеенно-рудным узлам, занимающим позицию магматического очага и надочаговой области. Узлы периодически повторяются в пространстве с расстояниями между их центрами около 30 км [5, 7].

Гравитационная неустойчивость, а также дегазация магм приводят к магматогеенной геодинамике, формирующей рудоносные системы V и VI порядков (см. таблицу). К фракталам этих систем относятся ячейки конвективного рециклинга гидротермальных растворов в пористых средах при разуплотнении за счет нагрева магматическими телами [16]. Эти про-

цессы могут иметь большое значение при пропилизации вулканогенных толщ и при формировании надрудных геохимических ореолов.

Рассмотренные системы I—IV порядков реализуют гравитационную неустойчивость, зарождающуюся в ядре и мантийных слоях Земли, приводящую к выносу вверх глубинных, весьма нагретых масс, что в итоге обеспечивает развитие магматизма. Тот факт, что шаги (длина волны) между суперрайонами и между магматогенно-рудными узлами имеют большое сходство в разных геодинамических обстановках, свидетельствует об определяющем факторе гравитации, а не о растяжении (например, в срединно-океанических хребтах) или сжатии (например, в островных дугах), т.е. фактор пространственной периодичности отмеченных геодинамических и металлогенических систем не является следствием тектоники литосферных плит.

Гравитационная неустойчивость в осадочном слое Земли и ее минерагенические следствия. В отличие от систем, имеющих мантийное заложение и большой энергетический (механический и тепловой) потенциал, системы, обусловленные гравитационной неустойчивостью, зарождающейся в осадочных слоях земной коры, не обладают таким потенциалом. Тем не менее, им иногда присуща периодичность размещения в пространстве, свидетельствующая о реализации гравитационной неустойчивости, однако с иными шагами (длинами волн).

Широко известны многочисленные разработки по соляным диапирам, обоснованные геологическими материалами, экспериментально и теоретически [18, 21]. Весьма мало имеется разработок, касающихся проблемы гравитационной неустойчивости при формировании структур нефтегазоносных систем. Традиционно ряд исследователей связывают образование антиклинальных ловушек нефти и газа с тангенциальным сжатием. Однако это положение не согласуется с выводом, сделанным А.Э.Конторовичем, М.С.Моделевским, А.А.Трофимуком, что чем крупнее бассейны и спокойнее их развитие, тем лучше условия для формирования наиболее крупных месторождений и суммарных ресурсов углеводородов. В этом аспекте необходимо отметить, что вопрос о генезисе нефтегазоносных антиклинальных ловушек в связи со всплыванием нефти поднимался в данном журнале [12]. В отдельных статьях журнала можно найти графический материал, характеризующий периодичность размещения нефтегазоносных структур, т.е. то, что может подтвердить реализацию гравитационной неустойчивости.

Очевидно первым, кто обратил внимание на активную, а не пассивную роль нефти в образовании структурных ловушек, был К.П.Калицкий, почти сто лет назад высказавший предположение, что не нефть мигрирует в антиклинальные складки, а они образуются там, где накопилась нефть [12]. Эту мысль развил М.К.Калинко, отметив, что поступление нефти и

газа в ловушки увеличивает разность в нагрузках между блоками: «Следовательно, в этих условиях процесс формирования залежей нефти и газа приобретает цепной характер и должен развиваться до тех пор, пока в «зоне влияний» таких ловушек в природный резервуар поступают нефть и газ» [12, с. 6]. «Снижение вертикальной нагрузки в пределах залежей явилось стимулом, вызывающим развитие других процессов: восходящего движения пластичных толщ и возможного прорыва высоконапорного газа с образованием грязевых вулканов» [12, с. 10].

Эти высказывания, характеризующие адвекцию нефти с нарастанием архимедовой силы в центре восходящего потока, находят подтверждение в пространственной периодичности размещения месторождений, что указывает на закономерную волновую реализацию гравитационной неустойчивости. Касаясь этого вопроса, необходимо отметить, что установление периодичности в нефтегазоносных системах наталкивается на ряд трудностей. Во-первых, во многих случаях трудно точно определить центр адвективной системы. Во-вторых, из-за большой подвижности нефти и газа общая структура отмеченной системы может быть существенно нарушена миграцией нефтидов по разломам. Общие соображения и примеры из практики показывают, что анализ пространственной периодичности залежей нефти и газа можно проводить в областях с аномально высоким пластовым давлением, характеризующим закрытость системы, в отличие от областей открытых с гидростатическим давлением. Кроме того, ряд смежных нефтяных залежей, каждая из которых отражает адвективную ячейку, может на верхних горизонтах сливаться воедино, образуя существенно более крупную залежь. Примером может служить крупнейшее в мире месторождение Гхавар, расположенное вблизи Аравийского щита. Месторождение совпадает с «многовершинной» антиклинальной складкой, линейно вытянутой на 220 км при ширине 16—25 км [12].

Расстояние (длина волны) между адвективными ячейками в общем случае не будет иметь строго постоянную величину из-за латеральной неоднородности состава и мощности осадочных толщ бассейна. Вместе с тем проявление периодичности размещения нефтегазовых месторождений можно проиллюстрировать примерами.

На карте месторождений нефти и газа в юго-восточной части Азербайджана [12] расстояния между 28 месторождениями на гистограмме распределения имеют моду 8 км, что может соответствовать усредненной длине адвективной волны. На той же карте нефтяные месторождения сопровождаются грязевыми вулканами, расстояния между которыми составляют 2,7—3,0 км, т.е. они могут рассматриваться как адвективные фракталы более крупных нефтегазоносных систем.

На схеме размещения месторождений в Днепровско-Донецкой нефтегазоносной области [17] расстоя-

ния между 71 месторождениями на гистограмме имеют частные моды 7, 13 и 23 км, т.е. меньшее из расстояний сходно с модой в Азербайджане, а два других могут отвечать двум и трем волнам. Аналогично на схеме размещения месторождений нефти и газа на юго-востоке Западной Сибири (Томская область), составленной И.С.Старобинцем и Т.Н.Немченко [20], преобладают расстояния между месторождениями в 11, 23 и 39 км, что может соответствовать одной, двум и трем волнам. Имеются слившиеся из двух месторождения, например, Игольско-Таловое.

В последние десятилетия наметилась тенденция к пересмотру минерагенических обстановок формирования не только рудных, но и нефтеносных бассейнов с позиций тектоники плит [13]. Насколько такой подход перспективен, покажет проверка практикой. Вместе с этим ощущается явный дефицит минерагенических разработок с позиций гравитационной неустойчивости геологических сред разных глубин и объемов. Возрождение концепции глубинного диапиризма, переименованной в концепцию плюмов, в известной степени восполняет этот пробел.

Публикации журнала «Отечественная геология» за 75 лет его существования содержат обильный фактический материал, в чем можно убедиться по ссылкам в настоящей статье и спискам литературы, в них содержащимся. Анализ этого материала может способствовать развитию нового научного направления — закономерности пространственной периодичности геодинамических и минерагенических систем. Теоретической и экспериментальной базой этого направления служат волновые закономерности геодинамики, реализующей гравитационную неустойчивость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Амурский Г.И.* Концепция геологической юности формирования газовых месторождений — «газ на марше» // Геология нефти и газа. 2002. № 4. С. 11—17.
2. *Арешев Е.Г.* Нефтегазоносность окраинных морей Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии. —М.: АВАНТИ, 2003.
3. *Арешев Е.Г., Гаврилов В.П., Донг Ч.Л.* и др. Геология и нефтегазоносность фундамента Зондского шельфа. —М.: Нефть и газ, 1997.
4. *Артюшков Е.В.* Физическая тектоника. —М.: Наука, 1993.
5. *Барышев А.Н.* Периодические геодинамические и металлогенические системы, их развитие и взаимодействие. —М., 1999.
6. *Барышев А.Н.* Периодическое размещение алмазонасных систем и смежные проблемы геологии алмазов // Отечественная геология. 2006. № 6. С. 20—35.
7. *Барышев А.Н.* Позиция крупнейших рудных районов и узлов в системе адвективных структур Земли // Отечественная геология. 2001. № 2. С. 6—11.
8. *Барышев А.Н.* Субдукция и проблемы ее палеорекоkonструкций // Отечественная геология. 2004. № 2. С. 50—62.
9. *Бушляков И.Н.* Галогены в эндогенном петрогенезисе // Автореф. дисс. ...докт. геол.-минер. наук. —Свердловск, 1989.
10. *Гончаров М.А.* Инверсия плотности в земной коре и складкообразование. —М.: Недра, 1979.
11. *Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е., Каракин А.В.* Один из возможных механизмов восполнения запасов углеводородов // Докл. РАН. 2007. Т. 415. № 5. С. 678—681.
12. *Калинко М.К.* Влияние нефтегазоаккумуляции на тектонику месторождений нефти и газа // Отечественная геология. 1994. № 9. С. 3—11.
13. *Клецев К.А., Шейн В.С.* Современное состояние геодинамических основ прогноза, поисков и разведки нефти и газа // Геология нефти и газа. 2002. № 4. С. 2—9.
14. *Косыгин В.Ю., Исаев В.И.* Плотностная модель тектоносферы вдоль геотраверса Япония—Гавайи // Тихоокеанская геология. 1986. № 5. С. 3—22.
15. *Кравченко К.Н.* Богатство и фазовое состояние нефтяных бассейнов — функция онтогенеза и минимизации потерь нефти, газа и природного битума // Отечественная геология. 2003. № 1. С. 17—27.
16. *Кривцов А.И.* Распределение масс и содержаний металлов в гидротермальных рудообразующих системах // Отечественная геология. 1996. № 8. С. 13—20.
17. *Новосилецкий Р.М., Полутранко А.Ю.* Влияние гидродинамических процессов на распределение углеводородных залежей в нефтегазоносных областях Украины // Советская геология. 1982. № 11. С. 41—47.
18. *Рамберг Х.* Моделирование деформаций земной коры с применением центрифуги. —М.: Мир, 1970.
19. *Сила тяжести и тектоника.* —М.: Мир, 1976.
20. *Старобинец И.С., Немченко Т.Н.* Углеводородные системы Юго-Востока Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2002. № 4 С. 26—33.
21. *Сычева-Михайлова А.М.* Механизм тектонических процессов в обстановке инверсии плотности горных пород. —М.: Недра, 1973.
22. *Углов Б.Д., Барышев А.Н., Зорина Ю.Г.* и др. Геоструктуры и минерагения Средиземноморья. —М., 2005.
23. *Morelli A., Dziewonski A.* Topography of core-mantle boundary and lateral homogeneity of the liquid core // Nature. 1987. Vol. 325. № 616. P. 678—683.

Некоторые деформационные механизмы функционирования эндодренажной системы Земли и сейсмичность

Г.С.ВАРТАНЯН (РАЕН)

Мировой опыт изучения землетрясений свидетельствует о том, что сейсмическая волна способна распространяться на большие расстояния с весьма высокой скоростью, а в случаях наиболее мощных геодинамических катастроф или природных и техногенных взрывов (вулкан Сент-Хеленс, ядерные испытания) — многократно огибать планету.

Вопрос о масштабах дальнего действия гораздо более медленных геодинамических процессов, которые ответственны за подготовку самого сейсмического события — литодеформационных и гидравлических импульсов, систематически зарождающихся и распространяющихся в недрах, длительное время оставался за рамками обсуждений. Одной из причин существования такого «белого пятна», вероятно, оказалось отсутствие достаточно чувствительных и технологически удобных прямых методов слежения за быстрыми и вместе с тем тонкими изменениями состояния геологической среды, которые развиваются на огромных площадях подготовки будущего землетрясения.

Исследования, выполненные к концу 70-х годов прошлого века [2, 3], завершились разработкой комплекса методических приемов слежения за эволюциями напряженно-деформированного состояния геологических объектов при поисках предвестников и местоположения эпицентра сильных землетрясений. Значительно позднее такие разработки были существенно усовершенствованы и получили статус патентов ряда зарубежных стран, для которых проблема сейсмического прогноза является по-настоящему жизненно важной (США, Япония, Европейский Союз, Греция, Турция, Иран, Исландия и др.) [23, 24 и др.]. В Советском Союзе, России и странах СНГ такие наблюдения называются мониторингом гидрогеодеформационного (ГГД) поля Земли [4, 5, 6, 7, 9 и др.].

Мониторинг ГГД-поля как один из видов геологического изучения страны стал функционировать в рамках Министерства геологии СССР с 1985 г. вместе с началом реализации программы по сооружению региональной сети специализированных наблюдательных скважин.

Совершенно очевидно, что создание такой сложной многофункциональной организации как разветвленная система слежения за геодинамическими процессами в стране является прерогативой государства и требует соответствующих программ и масштабных объемов государственного финансирования.

При отсутствии подобных программ и только благодаря активной позиции Министерства геологии

СССР (министр Е.А.Козловский), на сравнительно ограниченные средства не самого богатого ведомства в короткие сроки (1985—1990 гг.) в стране стала функционировать первая очередь системы ГГД-мониторинга.

Созданные на Кавказе, Дальнем Востоке, Украине, в Молдавии, Казахстане, Средней Азии партии ГГД-мониторинга развернули работы по сбору, накоплению и первичной переработке информации о напряженно-деформированном состоянии геологической среды сейсмически активных регионов.

Непосредственное научное руководство работами в стране осуществлял разработчик концепции ГГД-мониторинга Всероссийский научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО). При этом создание кондиционной сети гидрогеодеформационных наблюдений в регионах и внедрение новейших приемов и автоматизированных технических средств в работу специализированных подразделений стало возможным благодаря энергии и организаторскому таланту ведущих ученых института (Е.А.Попов, Н.Н.Шарапанов, А.А.Шпак, А.И.Авсюк).

Опыт широкого применения региональной технологии ГГД-мониторинга показал тесную связь деформированного состояния геологической среды с реакцией флюидной составляющей горных пород (жидкой и газообразной), что обеспечивало возможности выявления и прослеживания тонких и быстро текущих в реальном времени процессов, определяющих степень устойчивости—неустойчивости крупных ареалов к природным катастрофам.

Так, уже первые результаты обработки данных ГГД-мониторинга, полученные к середине 80-х годов XX столетия, позволили утверждать, что деформационные сигналы (импульсы), формируемые в областях подготовки сильных землетрясений, носят региональный характер, большое дальнее действие (тысячи километров) и достаточно высокие скорости распространения — вывод, показавшийся парадоксальным и принятый сейсмологическим преимущественно западным сообществом с большой долей скептицизма, если не с негативной реакцией.

Вместе с тем, для этого же времени характерен и обостренный интерес к результатам исследований ГГД-поля, что в частности проявилось в позиции Геологической службы США (USGS), заключившей с Мингео СССР Соглашение о научно-техническом сотрудничестве по упомянутой проблеме. Следует подчеркнуть, что один из инициаторов заключения

Соглашения, ведущий американский ученый, член Национальной Академии инженерных наук США, доктор Дж.Бредехофт (J.D.Bredehoeft) полагал, что если русская парадигма об изменениях регионального поля тектонических деформаций, которые предшествуют локальным землетрясениям, справедлива, то создание региональной сети и слежение за деформациями могли бы привести к существенному росту понимания механизмов региональных изменений тектонических напряжений и сейсмическому прогнозу.

Показательны в этом отношении также неоднократные приглашения создателей системы ГГД-мониторинга для чтения лекций в Геологической Службе Японии (GSJ), а также семинары по теме ГГД-мониторинга, проведенные в разное время для специалистов геологических служб Исландии (Landmaellingar Islands), Ирана (GSI), Швеции (SGU), Дании, Гренландии (GEUS), Турции (MTA) и др.

Большой объем исследований 1985—2000 гг., выполненный в СССР и России [4, 5, 6, 7, 22 и др.], обеспечил усовершенствование ранее созданного методического комплекса ГГД-мониторинга и подготовку новых инструктивных материалов [9], дальнейшее развитие сети мониторинга и оснащение наблюдательных скважин модернизированным измерительным оборудованием. Таким образом, в стране была создана, по существу, государственная технологически законченная и высоко чувствительная система слежения за напряженно-деформированным состоянием геологической среды.

При оценке возможностей использования данных ГГД-мониторинга для всех видов реконструкций и обобщений в качестве определяющего фактора принималась надежность данных, которая включала длительность наблюдений, отсутствие или минимум пропусков в замерах, точность измерений, сопоставимость замеров и др. Результаты мониторинга, получаемые на этом этапе, и новые методические разработки позволяли решать уже значительно более расширенный спектр прикладных и научных задач — от выявления в реальном времени сейсмически опасных зон, определения меры устойчивости отдельных геологических массивов и протяженных регионов до оценки степени взаимосвязи геодинамического развития удаленных ареалов и др.

В целом же обширный по объему фактический материал разных лет ГГД-мониторинга в сочетании с другими разработками отечественных и зарубежных геологов создал базу для сопоставительных оценок вклада разных геодинамических процессов в формирование деформационной обстановки в крупных регионах и для создания обобщенных представлений о режиме функционирования обширных геологических систем.

Одна из таких разработок — модель флюидосферы и эндодренажной системы Земли [1, 5, 8, 10, 11, 12,

13], давшая возможность интерпретировать несколько мало освещенных фактов геодинамического взаимодействия удаленных друг от друга регионов Земли.

Согласно упомянутой модели эндодренажная система представляет собой систему глобально разветвленных, гидравлически взаимосвязанных каналов с высокой вертикальной проницаемостью, уходящих в глубинные части Земли и геологически длительное время обеспечивающие устойчивый транспорт продуктов высокотемпературной переработки вещества (*в виде неразрывного в пространстве и времени потока — от тяжелых расплавов до воды и газов*) и энергии к поверхностным частям планеты и во внешнее пространство.

Геологические образования, участвующие в построении эндодренажной системы, независимо от их изначальной природы ведут себя в пределах этой глубoko заложеной мегаструктуры как единая по всей мощности сооружения пьезочувствительная матрица, характеризующаяся постепенными переходами состояния вещества от жидкого (расплавленного) через вязко-пластичное к хрупкому. Вследствие таких особенностей строения все элементы эндодренажной системы представляют собой геомеханически, гидравлически и, следовательно, экологически субтильные объекты, которые могут изменять в реальном времени свои свойства и состояние в зависимости от изменяющихся внешних условий.

Важнейшее внешнее проявление функционирования эндодренажной системы — быстрый в реальном времени, неравномерный по протяженности системы рост надстроечной горно-складчатой части. Различие в темпах роста отдельных частей такой системы обусловлено неравномерностью поступления в ее основание потоков глубинного вещества, «текущих» к поверхности планеты и «выдавливающих» вышележащие этажи наружу. Прямое следствие подобного неравномерного роста — существование сильно изменчивого в реальном времени, сложно построенного поля напряжений-деформации [10, 11, 12, 13]. Очевидно, что наиболее характерные и четко выраженные элементы глобальной эндодренажной системы, представленные множественными сейсмическими поясами, являются прямым «слепоком» упомянутого быстро меняющегося поля напряжений-деформации.

С учетом представлений об эндодренажной системе рассмотрим некоторые результаты изучения эволюции ГГД-поля во время подготовки и реализации ряда сильных сейсмических катастроф.

Сопряженное деформационное развитие удаленных регионов и сейсмические процессы. По результатам ГГД-мониторинга, выполнявшегося в России и сопредельных странах СНГ, а также с использованием данных наблюдений за скважинами на воду сейсмологических полигонов Паркфилд (USGS, Калифорния), Суруга (GSJ, Хонсю), региональной сети

Геологической службы Дании и Гренландии, удалось проследить специфические формы связи в развитии между сильно удаленными регионами Земли, оценить не известные ранее особенности и масштабы развития деформационного сейсмоподготовительного процесса.

Под этим углом зрения можно сопоставить деформационные эволюции таких удаленных друг от друга сейсмически активных элементов мировой эндодренажной системы как Кавказ, Копетдаг, Тянь-Шань, Калифорния.

Ранее было показано, что Кавказ и Калифорния в своем деформационном развитии заметно отличаются друг от друга: характерные для этих регионов кривые D_e-t представлены двумя зеркально отображенными графиками [12]. В рассматриваемом случае D_e характеризует площадь короткоживущей структуры деформации, оконтуриваемой некоторой, принимаемой в расчет, изолинией *относительной деформации*, а t характеризует временной интервал мониторинга. Относительная деформация — величина безразмерная, представляющая собой меру изменения объема геологического объекта по сравнению с некоторым моментом, условно принимаемым за исходный.

Так, на протяжении доступного нам периода наблюдений (25.01.1989—27.07.1991) Калифорния (полигон Паркфилд) испытывала устойчивые процессы растяжения, а за это же время тренд деформации на Кавказе характеризовал процессы сокращения структур растяжения и увеличение доли структур сжатия.

Показательно, например, что только за полгода (16.09.1990—23.03.1991) прирост площади структур растяжения в Калифорнии составил 55%, или скорость приращения была равна 0,29% в сутки, и за этот же период на Кавказе площади структур того же знака уменьшились на 47% (скорость деградации 0,25% в сутки), что вполне сопоставимо по масштабам с Калифорнийскими процессами, но имеет противоположный им знак.

Исходя из сказанного и несмотря на сравнительно ограниченный (30 месяцев) срок наблюдений, можно было бы предположить, что эти процессы взаимосвязаны и обусловлены действием некоторых внутрипланетных сил, компенсирующих деформации растяжения в одних частях Земли сжатием в других.

Этот вывод частично подтверждается результатами германо-американских спутниковых исследований по программе Grace (Gravity Recovery and Climate Experiment), показавших высокие темпы и глобальный охват развития процессов деформации: обнаружены сезонные вариации формы планеты и в том числе опускания и поднятия на несколько сантиметров поверхности крупных ареалов Земли. Таким образом, из эксперимента следует, что планета представляет собой упругопластичное космическое тело, способное изменять свою форму под действием не-

равномерно распределяющихся внутренних и внешних нагрузок [19].

На фоне противофазного деформационного развития Кавказа и Калифорнии в их графиках D_e-t прослеживаются отчетливые провалы, совпадающие по достаточно узким временным интервалам и характеризующие наступление фаз сильных сжатий [11, 12, 13].

Сопоставление результатов ГГД-мониторинга с данными мировых сейсмологических служб показывает, что на эти фазы сжатия приходились периоды реализации крупных сейсмических событий: Каспийские землетрясения (16—17.09.1989, М 6,5 и 6,2); Лома Приета (18.10.1989, М 7,1); Рудбар (20.06.1990, М 7,7); Рача (29.04.1991, М 6,6 и 6,1); Джава (15.06.1991, М 6,3).

Следует особо подчеркнуть, что рассмотренные сопряжения фаз сжатия и высокого уровня сейсмичности не являются каким-то особым совпадением, а отражают глобальную закономерность, по-видимому, проявляющуюся вдоль всей эндодренажной системы. Так, например, в период заключительной фазы подготовки и реализации Рудбарского землетрясения (1990), на графиках D_e-t Копетдага и Тянь-Шаня зафиксирован отчетливый затяжной «провал» кривой, из чего следует, что предсейсмический спазм сжатия развивался вдоль эндодренажной системы одновременно (или с некоторым отставанием) на расстояниях не менее чем в 20 тыс.км от Тянь-Шаня до Калифорнии. Фазы сильных сжатий «делят» весь процесс деформационной эволюции регионов на своеобразные циклы. Очень контрастно такая цикличность проявляется в Калифорнии (см. рис. 2). Для территории Кавказа границы циклов более размыты (табл. 1).

Помимо приведенных фактов, полученных на основании ГГД-мониторинга, на циклический характер деформационного процесса указывают также данные GPS-мониторинга, который в рамках национальных программ изучения Земли в настоящее время осуществляется геологическими ведомствами многих стран мира.

Так, из наблюдений за пунктом ALBH East (юг о.Ванкувер), которые с 1996 г. выполняются Геоло-

1. Деформационная эволюция регионов

Циклы	Калифорния		Кавказ	
	Период наблюдения	Сутки	Период наблюдения	Сутки
1	01.03.— 10.06.89	102	25.01.— 26.07.89	182
2	11.06.89— 22.06.90	376	26.07.89— 20.06.90	329
3	22.06.90— 08.06.91	357	20.06.90— 13.04.91	287

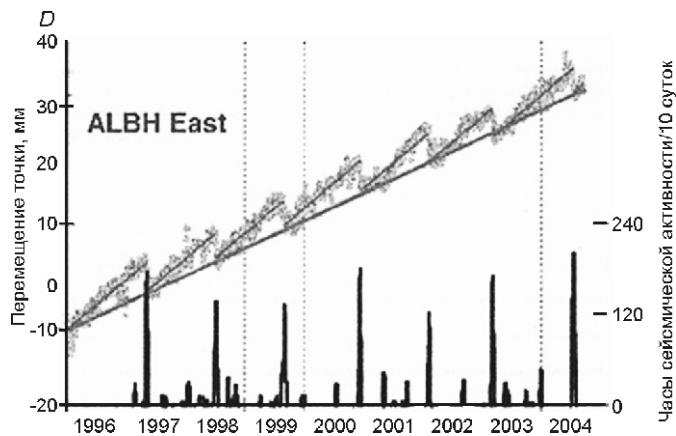


Рис. 1. Совмещенный график GPS-измерений (перемещение репера ALBH East, мм) и уровня сейсмической активности (часы сейсмической активности/10 суток). Западная Канада, район г.Виктория. *Material Natural Resources Canada*

гической Службой Канады, следует, что рассматриваемая точка направленно перемещалась по горизонтали «шагами» в несколько миллиметров за периоды времени от 12 до 14 месяцев. Каждый цикл завершался очень резко, что на графике обозначилось в виде уступа. После паузы перемещение наблюдаемого объекта возобновлялось в том же направлении (рис. 1).

Сравнение этого графика GPS-мониторинга и калифорнийской кривой D_e-t свидетельствует о том, что ход процесса, который был зафиксирован методами спутниковой геодезии, подобен режиму деформационной эволюции, прослеженной по результатам ГГД-мониторинга в районе Паркфилд (рис. 2). Геологическая интерпретация данных GPS-мониторинга, которую дают канадские геологи [21], вызывает определенную критику.

Вместе с тем, исходя из подобия графических образов двух прослеженных процессов, можно предполагать, что деформационные циклы, выявленные при изучении ГГД-поля в Калифорнии, и «шаги-подвижки» наземного репера ALBH East имеют *единую природу* и отображают некоторый процесс, характерный для большого региона — генетически целостного горно-складчатого обрамления западной части Североамериканского континента.

О единстве природы процессов, периодически приводящих и к прекращению подвижек репера ALBH East, и к резким сменам деформаций растяжения на короткие спазмы сжатия, свидетельствует также и то, что к ступенькам-срывам, отмечаемым по данным космической геодезии, приурочены максимумы излучения сейсмической энергии, подобно тому как это обстоит с фазами сжатия, фиксируемыми по результатам ГГД-мониторинга.

Исходя из приведенного фактического материала, становится возможным говорить о двух разновид-

ностях деформационного процесса, которые развиваются в масштабе физического времени и, по-видимому, имеют эндопланетную природу:

долгосрочные направленные процессы деформации определенного знака (например, растяжения), характерные для литосферной оболочки обширных частей Земли. Эти деформации «уравновешиваются» процессами обратного знака (сжатия) в симметрично противостоящих ареалах;

периодически генерируемые спазмы сжатия, которые четко прослеживаются вдоль больших протяженностей эндодренажной системы.

В связи с отмеченным правоммерен вопрос о механизмах воздействия таких процессов на геологическую матрицу обширных регионов Земли. Допустимо предположить прежде всего, что вследствие принадлежности к глобально единой мегаструктуре эндодренажной системы, горно-складчатые сооружения Кавказа и Калифорнии, равно как и упомянутые ранее Копетдаг и Тянь-Шань, должны были бы иметь некоторые общие приводные механизмы геодинамического развития.

Для оценки степени взаимосвязи удаленных ареалов рассматриваемой системы, выявления переломных моментов в их деформационной эволюции и решения других задач текущей геодинамики такой системы чувствительным исследовательским инструментом оказывается сравнительный анализ стрейн-развития нескольких ареалов, базирующийся на методе *межрегионального деформационного зондирования (МРДЗ)*.

Показателем для сравнительных оценок в таком исследовании становится безразмерная площадь (объем) короткоживущих структур деформации определенного знака $D_{e,i}/D_{e,0}$, оцениваемая в реги-

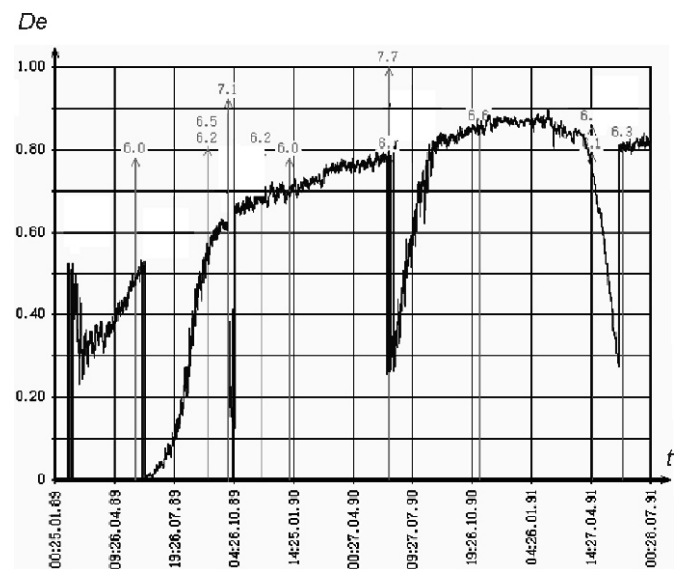


Рис. 2. График эволюции короткоживущих структур растяжения. Калифорния, полигон Паркфилд. *Исходные данные USGS. Методика обработки ВСЕГИНГЕО*

онах на моменты времени t_i, t_{i-1} и т.д. Величины $D_{e,0}, D_{e,1}, \dots, D_{e,i}$ вычисляются по результатам мониторинга ГГД-поля.

Меру сопряженности в эволюции сравниваемых регионов и последовательность происходящих процессов становится возможным оценивать путем построения графиков « D региона А — D региона Б». При этом точки на графике характеризуют текущее соотношение деформированного состояния сравниваемых регионов на каждый момент времени $t_i, t_{i-1}, \dots, t_{i-k}$, а линия, соединяющая такие точки в нормальной временной последовательности, является кривой деформационной эволюции, дающей представление о тенденциях в развитии данной пары регионов друг относительно друга (растяжение, сжатие) и об интенсивности их изменений на некотором отрезке времени $t_i - t_{i-k}$. В данном случае представительны циклограммы деформационной эволюции пар регионов Кавказ—Тянь-Шань и Кавказ—Калифорния, воспроизводящие сопряженную реакцию таких сооружений на заключительный период подготовки и реализации катастрофического Рудбарского (Иран) землетрясения (рис. 3).

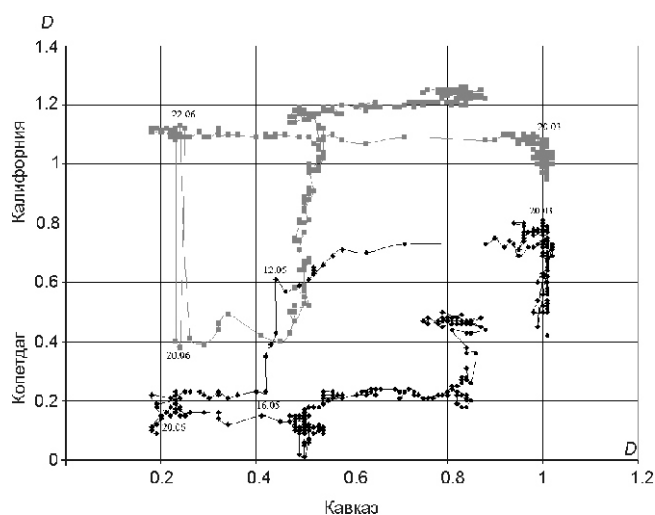


Рис. 3. Кривые сопряженной деформационной эволюции регионов. Графики межрегионального деформационного зондирования:

1 — Кавказ—Тянь-Шань; 2 — Кавказ—Калифорния

График пары Кавказ—Тянь-Шань характеризует деформационную эволюцию регионов за период времени с 10.01. по 30.12.1990 г. и имеет форму полузамкнутого ромба, длинная диагональ которого наклонена к оси абсцисс (Кавказ) под углом $\sim 40^\circ$. Такая картина свидетельствует о том, что несмотря на большие расстояния между сравниваемыми регионами (более 2000 км), в деформационном отношении они развивались согласно (см. рис. 3).

Вместе с тем, прослеживаются некоторые специфические детали, которые связаны с критическими

сменами состояния геологической среды. Так, при достаточно монотонно возрастающих деформациях сжатия, которые на протяжении 54 суток (20.03—12.05.1990) прослеживаются в обоих регионах, темпы процесса на Тянь-Шане в период с 12 по 16 мая (5 суток) резко усилились. Одновременно с этим в Кавказском регионе отмечено кратковременное торможение деформационного развития. На циклограмме такие изменения в состоянии изучаемых объектов отражены в виде вертикально падающего участка графика (см. рис. 3). Можно думать, что в этом внезапном срыве кривой D проявился краткосрочный предвестник глубокофокусных румынских землетрясений (М 6,7 и 6,1, 30 и 31 мая 1990 г.).

После 02.06.1990 г. начинается сложный период геодинамического процесса, обозначившийся на графике петлей обращения. Такие эволюции в рассматриваемой паре регионов длились 18 суток.

К юго-востоку от кавказской сети ГГД-мониторинга 20 июня 1990 г. на расстоянии порядка 800 км и примерно в 2100 км на юго-запад от полигона на Тянь-Шане, в отрогах хр. Эльбурс произошло разрушительное Рудбарское землетрясение. День, когда произошло землетрясение, на графике пришелся на участок кривой, «завершавший» петлю обращения. Далее начался новый цикл растяжений на Кавказе при сохраняющихся сжатиях в Тянь-Шане. С 30 июня по 30 июля на Тянь-Шане фиксируется еще один короткий эпизод сжатия при неизменном состоянии геологических массивов на Кавказе, после чего оба региона вступили в фазу устойчивого растяжения (см. рис. 3).

Из графика деформационной эволюции пары Калифорния—Кавказ следует, что реакция на подготовку Рудбарского землетрясения в этих регионах заметно различалась: деформационные процессы активизировались попеременно, развиваясь в одном регионе в те интервалы времени, когда другой находился в состоянии «стагнации» и наоборот. Так, в период с 20 января по конец марта 1990 г. уровень деформации геологических толщ на Кавказе практически оставался неизменным, но в это же время происходил рост процессов растяжения в Калифорнии. После 20 марта 1990 г., когда на Кавказе начались интенсивные процессы сжатия, в Калифорнии все еще неизменным сохранялся высокий уровень растяжений: на фоне быстро нарастающих деформаций сжатия в Кавказском регионе, в Калифорнии в течение 70 суток сохранялись высокие (и почти не изменяющиеся) деформации растяжения. Эти два процесса, выраженные на графике субгоризонтальной линией, завершились 29 мая 1990 г.

Такая поздняя реакция на интенсивные деформации сжатия в западноазиатском сегменте эндодренажной системы (с 20.03—10.06.1990 г.) вернее всего объясняется дальностью пути миграции геомеханического сигнала от гипоцентра будущего землетрясе-

ния в сторону североамериканского сегмента мегас-структуры.

Период с 29.05 по 18.06.1990 г. характеризует график, который, подобно описанному выше, также представлен сложной петлей обращения, свидетельствующей о множественных сменах геодинамического режима, происходивших в обоих регионах и непосредственно предшествовавших катастрофическому землетрясению. Особенно примечателен следующий инструментально зарегистрированный процесс. Сразу вслед за петлей на циклограмме фиксируется очень контрастный сигнал сжатия, который наблюдатели на полигоне Паркфилд в Калифорнии могли бы зарегистрировать в 14:00 GMT 18 июня 1990 г. Этот очень резкий импульс сильного сжатия внезапно прервал сложные деформационные эволюции предшествующих 20 суток и более чем на двое суток «опередил» главный удар Рудбарского землетрясения.

Интерпретируя приведенные факты, можно полагать, что воздымание территории (следствием чего и стали процессы растяжения) оказалось для текущего состояния Калифорнии запредельным, ослабившим горизонтальные напряжения сжатия, смыкающие крылья разлома Сан Андреас. Прямым геомеханическим результатом воздымания территории оказалось уменьшение силы сцепления между стенками региональной дислокации, что привело к мгновенному проскальзыванию — микроподвижке массивов друг относительно друга и последующему резкому смыканию полости тектонического нарушения.

«Схлопывание» полости разлома, вероятно, захватившее значительную часть разреза на глубину, послужило триггером для очень резкого гидравлического удара, сказавшегося в планетарном масштабе. Распространившись кратчайшими путями вдоль нижнего этажа эндодренажной системы, волна гидравлического удара инициировала процесс разрушения уже сильно нагруженного массива в Рудбаре (20 июня 1990 г., 21:00 GMT).

Через несколько часов после главного удара Рудбарского землетрясения, в пределах североамериканского сегмента эндодренажной системы на сети наблюдательных скважин полигона Паркфилд можно было бы регистрировать интенсивный сигнал деформаций растяжения, продержавшегося 21 и 22 июня 1990 г., а затем в регионе вновь наступило сильное сжатие.

Сложные геодинамические эволюции, последовательно развивающиеся вдоль протяженной глобальной эндодренажной системы, контрастно иллюстрирует также совмещение графиков D_e-t , которые были получены для регионов Кавказа и Калифорнии в период созревания Рудбарского землетрясения (рис. 4).

Этот пример, а так же рассмотренные ранее, свидетельствуют о том, что *генерируемые в глубинных частях планеты сравнительно медленные импульсы деформации способны перемещаться от источника*

возмущения вдоль огромных протяженностей эндодренажной системы Земли.

Приведенные особенности развития деформационных процессов в глобальном (субглобальном) масштабе дополнительно освещаются в процессе анализа результатов детальных исследований, выполнявшихся вблизи будущих эпицентральных зон.

Спитакское землетрясение. Прогностические признаки и нереализованные возможности предсказания. Анализ материалов ГГД-мониторинга свидетельствует о том, что на заключительном этапе подготовки Спитакского землетрясения (в пределах Большого Кавказа вдоль обширной полосы от Лагодехи на юго-востоке до Эссентуков на северо-западе) существовал ареал интенсивного вертикального роста и широко идущих процессов разуплотнения геологических массивов.

В этот же период ГГД-поле на Малом Кавказе было представлено быстро выдвигавшейся, но узкой в плане субширотной структурой вертикального роста-растяжения, ось которой совпадала с линией Лагодехи—Гукасян—Спитак—Ленинакан (скважины 1004, 0301, 0304). Далее ось структуры, по-видимому, проходила южнее Батуми и продолжалась в сторону ответвлений Северо-Анатолийского разлома. К этой короткоживущей структуре растяжения была приурочена будущая эпицентральная зона Спитакского землетрясения.

Структуры растяжения Большого и Малого Кавказа были разделены структурой сжатия, которая достаточно широкой полосой протягивалась со стороны г.Гали (скв. 1006) и заканчивалась в районе г.Тбилиси (скв. 1001). Малокавказская структура растяжения с юга ограничивалась короткоживущей структурой сжатия с осью вдоль линии Октемберян—Севан (рис. 5, А). Проследить характер ГГД-поля еще юж-

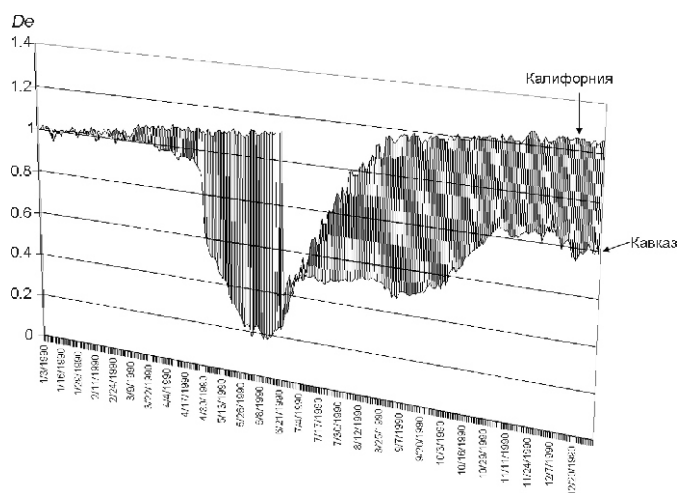


Рис. 4. Совмещенные графики D_e-t квазипространственной деформационной модели для Кавказа и Калифорнии

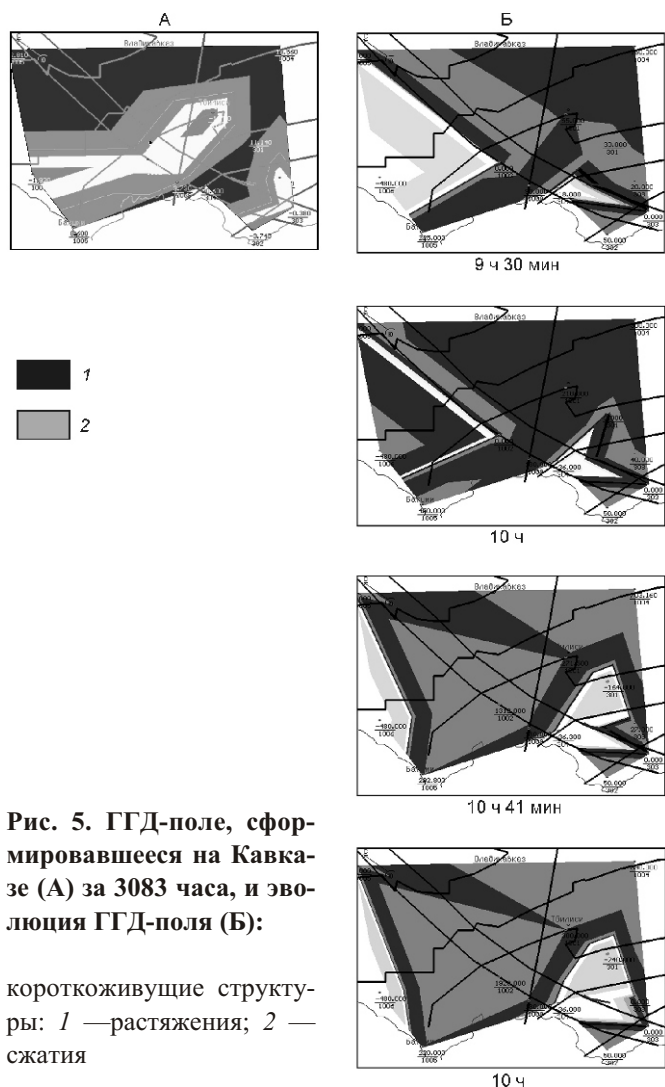


Рис. 5. ГГД-поле, сформировавшееся на Кавказе (А) за 3083 часа, и эволюция ГГД-поля (Б):

короткоживущие структуры: 1 —растяжения; 2 — сжатия

нее рассматриваемой территории не представлялось возможным.

Мониторинг эволюции ГГД-поля для периода Спитакского землетрясения дал возможность выявить особенности процесса сейсмоподготовки, которые выразились в быстром росте структуры растяжения в зоне будущего эпицентра. За несколько десятков часов до главного удара вертикальный рост эпицентрального массива прекратился. К этому времени общее его воздымание (с 1 августа по 7 декабря 1988 г.) составило 2,2—2,4 м (расчетные величины получены по результатам ГГД-мониторинга). В работе Н.В.Шебалина [15] приводятся сведения о подъеме поверхности после землетрясения на 1,3 м и затем опускании на 0,6 м. Вместе с остановкой вертикального роста эпицентрального массива прекратилось приращение его растяжений.

Для оценки масштабов изменения состояния пород в процессе воздымания (или погружения) геологических блоков обратимся к величине удельной объемной деформации, представляющей собой отношение величины приращения объема 1 м^3 (W_i) породы к исходному объему W_0 (доли единицы или проценты). Как показывают оценки, непосредственно перед

главным ударом удельная величина растяжения в пределах будущей эпицентральной зоны, в районе г.Гукасян (скв. 0304), достигла максимальных значений за весь период наблюдений с 1 августа 1988 г. и составила 2,06%.

На фоне прекратившегося роста эпицентральной структуры в пределах ее северной периферии продолжали воздыматься геологические массивы района Боржоми (скв. 1002), Лиси (скв. 1001), Лагодехи (скв. 1004), составлявшие в этот интервал времени южное обрамление растущего Большого Кавказа.

С юга на структуру будущего эпицентра оказывали горизонтальное давление массивы в районе Севана, Октемберяна, Дзорахпюра, продолжившие рост. Вследствие таких дифференцированных движений в пределах названных ареалов сформировались новые структуры растяжения, оказавшие сдавливающее действие на породы эпицентрального массива в районе городов Гукасян и Ноемберян. Здесь 7 декабря 1988 г. около 9 ч 30 мин возникла клиновидная короткоживущая структура сжатия, сдавленная с флангов быстро развившимися структурами растяжения. К 10 ч 07 мин эта структура сжатия приобрела двухлучевую форму, а в 10 ч 41 мин по московскому времени в районе г.Спитак образовался разрыв протяженностью 27 км и максимальной амплитудой перемещения крыльев разлома 1,2 м. Магнитуда землетрясения составила 6,9 (см. рис. 5, Б).

График параметра D_w-t , полученный подобно рассмотренному выше графику D_e-t , но характеризующий эволюцию площади, ограниченной изолинией удельной объемной деформации, имеет особую прогностическую ценность.

Для периода деформационного развития рассматриваемого региона с 01.08 до 12.12.1988 г. график представлен ломаной кривой с несколькими характерными перегибами, свидетельствующими о смене текущего состояния геологической среды и переходе к новому режиму ее геодинамического развития. Следует обратить внимание на то, что график сходен с ранее рассмотренным графиком D_e-t [9, 12], но отличается от него более контрастными проявлениями смены динамики процесса (рис. 6). Весь наблюдаемый период заключительного этапа подготовки Спитакского землетрясения условно подразделяется на пять фаз.

Первая фаза (1) характеризовалась высокой скоростью роста структур растяжения (0,44 тыс.км²/ч) и длилась 125 часов (с 00 ч 03.08 до 08 ч 08.08.1988).

Вторая фаза (2) охватила интервал времени 1057 часов (с 08 ч 08.08 до 08 ч 21.09.1988). Скорость приращения структур растяжения составила 0,08 тыс.км²/ч, что свидетельствует о сокращении темпов деформационного процесса на порядок по сравнению с начальным периодом.

Третья фаза (3), которая длилась с 08 ч 21.09 до 11 ч 05.12.1988, представлена на графике (см. рис. 6) слегка наклонной частью кривой и характеризует пе-

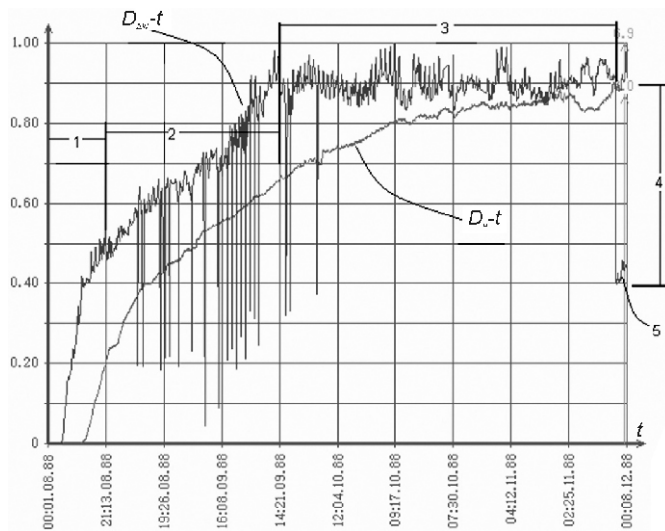


Рис. 6. Совмещенные графики эволюции ГГД-поля в период подготовки Спитакского землетрясения:

цифры — фазы деформационного развития региона перед главным ударом Спитакского землетрясения

риод, когда был достигнут некоторый предел растяжений и начался слабо проявленный процесс сжатия. При этом наибольшие скорости роста сжатия приходятся на интервал с 21 сентября по 17 ноября, когда в течение 1230 часов площадь короткоживущих структур растяжения сократилась с 143,12 до 122,46 тыс.км² (средняя скорость 0,017 тыс.км²/ч).

Для графика рассматриваемой фазы характерны длиннопериодные вариации параметра D_w , на которые накладывались закономерные пульсирующие колебания более высокого порядка, вероятно, обусловленные лунно-солнечными приливыми явлениями. Постепенно длиннопериодные вариации D_w сокращались, амплитуды «дрожаний» снижались и к 27 ноября гармоники высокого порядка на графике исчезли. Сразу после прекращения таких пульсационных вариаций, деформационный процесс получил новый импульс растяжения, что проявилось на графике в виде двух разделенных провалом, хорошо обозначенных горбов. В целом эти горбы зеркально, но более контрастно отображают прогностическую «лунку» графика D_e-t , подробно рассмотренного в работе [12].

Четвертая фаза (4), протекавшая быстрее всех (с 11 ч 05.12 до 13 ч 05.12.1988), свидетельствовала о катастрофическом изменении режима геодинамического развития региона. В этот момент времени площади структур растяжения резко сократились с 133,44 до 58,85 тыс.км², а средняя скорость их стремительного вырождения составила 37,3 тыс.км²/ч. Такие темпы смены деформированного состояния оказались исключительными для всего периода наблюдений, пре-

восходя на 4 порядка показатели третьей фазы, на 3 — второй и на 2 — первой.

Пятая фаза (5) деформационного процесса длилась в регионе с 13 ч 05.12 до 22 ч 09.12.1988 (?). В этот период в регионе вновь начался заметный рост структур растяжения, развитие которых шло со скоростью 0,12 тыс.км²/ч.

Спитакское землетрясение (M 6,9) произошло 7 декабря 1988 г. в 10 ч 41 мин (время московское). К этому времени площади структур растяжения в регионе по сравнению с состоянием на 13 ч 05.12.1988 выросли на 5,6 тыс.км².

Таким образом, как следует из приведенного подробного рассмотрения, прослеживая быстрые эволюции состояния геологических массивов, можно решать практические задачи сейсмического прогноза и даже предсказывать (forecast) сильные землетрясения. В частности, для *среднесрочного прогноза* Спитакского землетрясения мог оказаться полезным анализ начального участка кривой D_w-t (1 и 2 фазы, с 03.08 по 21.09.1988 г.), свидетельствующий об очень быстром росте структур растяжения, что уже должно было служить сигналом для повышенного внимания всех служб защиты населения. Анализ кривой мог сочетаться с оценкой характера развития короткоживущих структур деформации по площади региона.

К сигналу для прогноза краткосрочного уровня следует отнести перелом восходящей кривой D_w-t и переход ее в слабонаклонное (субгоризонтальное) положение после 08 ч 21.09.1988. Особое внимание службы защиты населения от сейсмических катастроф мог привлечь внезапный обрыв кривой D_w-t с 11 до 13 ч 05.12.1988, по своей контрастности ставший безусловным сигналом для предсказания землетрясения.

Важно отметить, что такие же ярко выраженные сигналы могли быть прослежены и перед другими сильными сейсмическими событиями (Лома Приета 1989, Рудбар 1990, Рача 1991, Хоккайдо 1994, Кобе 1995, Сахалин 2001). Это обстоятельство свидетельствует о том, что обнаруженный четкий и ни с чем не смешиваемый признак является тем универсальным показателем, который характеризует гидравлический форшок — непосредственный предшественник сейсмического разрушения материала горных пород [13].

Модель функционирования эндодренажной системы и сейсмические процессы. Приведенные особенности проявления деформационных процессов в сейсмоактивных регионах позволяют рассматривать следующую усовершенствованную модель функционирования эндодренажной системы Земли. Важнейшим элементом такой системы является сублатеральный слой тяжелых флюидов в корневых частях мегаструктуры, представленный продуктами высокотемпературной переработки вещества глубинных частей разреза. Этот слой выполняет функции несущего основания для всего глобально разветвленного сооружения и, очевидно, определяет весь ход развития флюидо-тек-

тонических и собственно сейсмических процессов в пределах рассматриваемой системы.

Объемы слоя глубинных расплавов изменяются во времени и регулируются поступлениями вещества со стороны внутрипланетных тепловых реакторов (приходная составляющая) и периодически происходящими инъекциями флюида в вышележащие этажи (расходная составляющая).

Спорадические инъекции в отдельных точках «подошвы» эндодренажной системы и перемещение фронта расплавов вверх по разрезу вызывают поршневое вытеснение всего столба вышележащего материала и геологической толщи, располагающихся над зонами глубинного стока. По приближенным и, по-видимому, сильно заниженным оценкам, ежегодный расход глубинного флюида как рабочего тела, вытесняющего вверх отдельные элементы эндодренажной системы, может составлять до 20 км³/год [12].

Продвижение некоторой доли эндогенных расплавов вверх по разрезу и вызванный этим частичный расход глубинного флюида создают в несущем основании мегаструктуры «дефект массы», который Система стремится восполнить, транспортируя тяжелые жидкости по латерали к зоне стока. Это приводит к быстрому в реальном времени компенсационному проседанию вышележащих этажей над участками «потери» (оттока) тяжелых расплавов. Проседания, охватывающие всю мощность эндодренажной системы, вызывают в верхних этажах разреза сжатия горных пород, развивающиеся по механизму деформации прогибающейся весомой балки с заделанными краями.

При региональном ГГД-мониторинге именно такой процесс фиксируется как быстрая миграция фронта сжатия геологических массивов, распространяющегося от будущего эпицентра вовне на многие тысячи километров.

В публикации [12] показано, что графики D_e-t , полученные в результате ГГД-мониторинга разных участков эндодренажной системы, выглядят как «вложенные» один в другой. Поскольку в непосредственных «окрестностях» будущего эпицентра процессы сжатия зарождаются раньше, а завершаются позже всех остальных сегментов мегаструктуры, то наиболее глубокий и широкий график, «вмещающий» все остальные, характеризует именно эту часть системы.

Существенным фактором в разрушении геологических толщ, испытывающих предельные деформационные нагрузки, выступают процессы, протекающие во флюидалной среде верхних (геологических) этажей разреза. В частности, процессы быстрой миграции огромных объемов флюида от короткоживущих структур сжатия в области растяжения создают «мгновенный» эффект перераспределения масс в геологическом пространстве, по масштабам на порядки превосходящий такие процессы, которые регистрируются при техногенных нагрузках на геологическую среду. Как известно, многие техногенные вме-

шательства в природное равновесие приводят к активизации сейсмичности [14, 16, 17, 18, 20].

Вопрос о роли деформогенных миграций геологического флюида в создании сейсмически опасных ситуаций сейчас практически не изучен, но можно полагать, что в формировании критических (для возникновения землетрясений) условий такой динамичный фактор играет очень существенную роль. В частности, к факторам-соучастникам или даже инициаторам сейсмической разрядки следует отнести гидравлические удары (включая прохождение ударной волны в зоне развития тяжелых флюидов) и термогидравлические разрывы граничных межблоковых зон в эпицентральных массивах или гидравлические форшоки [13].

Базируясь на приведенном фактическом материале, можно говорить о следующих отчетливо выраженных проявлениях глобально связанных процессов деформации геологических массивов и перспективах выявления фатального развития геодинамической обстановки:

1. Доминантными являются направленные процессы растяжения, развивающиеся в одном из регионов Земли (участков эндодренажной системы?) и компенсирующиеся процессами сжатия — в другом. Можно предположить, что это следствие функционирования некоторого эндопланетного механизма, который таким образом сохраняет соотношение объема и массы Земли в устойчивых границах.

2. На фоне процессов-трендов с периодами развития в 12—14 месяцев (?), в пределах протяженных участков эндодренажной системы регистрируется миграция спазмов сильного сжатия. Прохождение деформационного импульса вдоль такой системы без потери (или с небольшими уменьшениями) уровня сигнала — свидетельство чувствительности отдельных ее частей к внешним нагрузкам и тесной пьезогидравлической взаимосвязи элементов эндодренажной системы между собой.

3. Зарегистрированные расстояния прохождения импульса сжатия составляют не менее 20 тыс. км. Такие процессы отмечаются последовательно (с некоторым опозданием от первичного сигнала) в горно-складчатых сооружениях как Восточного, так и Западного полушарий Земли.

4. Развитие спазмов сжатия генетически связано с ускоренным заложением центров роста и растяжения, представляющих собой потенциальные зоны сильных землетрясений, и с последующими регионально выдержанными процессами формирования «дефекта массы» в несущем (опорном) слое эндодренажной системы.

5. Вдоль протяженности эндодренажной системы одновременно всегда существует несколько центров интенсивного вертикального роста и растяжения геологических массивов. Эти центры различаются между собой степенью готовности к сейсмическому разрушению.

6. С глобально (?) проявленными в пределах эндодренажной системы фазами сжатий ассоциируется активизация сейсмических процессов. На такие периоды приходятся особенно сильные и катастрофические сейсмические события. По существу, фаза сжатия, регистрируемая где-либо в пределах описываемой системы, может рассматриваться в качестве *индикатора* подготовки сильного сейсмического события. В данном случае поиск местоположения эпицентральной зоны может строиться на сравнительных оценках уровней сжатия, получаемых по разным сегментам указанной системы.

7. К важным показателям местоположения будущего эпицентра относятся: интенсивные (в течение нескольких месяцев) воздымания ограниченных ареалов и развитие в их пределах ярко выраженных короткоживущих структур растяжения.

8. Средне- и краткосрочные прогнозы по результатам ГГД-мониторинга оказываются возможными при анализе кривых $D_{\epsilon}-t$ и $D_{\mu}-t$;

9. Предсказание времени сейсмического события базируется на выявлении (за несколько десятков часов до землетрясения) гидравлического форшока, свидетельствующего о начале разрушения пород.

10. Уточнение предсказания возможно за несколько часов до главного удара, когда в зоне эпицентра возникает короткоживущая структура сжатия, замыкаемая со всех сторон обширными структурами растяжения.

Таким образом, исходя из изложенного, можно утверждать, что эндодренажная система представляет собой уникальную планетарную мегаструктуру, где сосредоточены практически все проявления современной эндогенной геологообразующей активности Земли. Именно поэтому изучение указанной системы могло бы стать объектом комплексных геолого-геофизических исследований, выполняемых по специально разработанной целевой программе.

Среди наиболее актуальных направлений этого цикла, вероятно, должны стать исследования природных механизмов генерации и темпов «потери» глубинного флюидного вещества (энергии) через аппарат эндодренажной системы, характера деформационных перестроений в различных этапах разреза и как следствие — тесно связанных с этими масштабными процессами генетических предпосылок многообразных проявлений сейсмичности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вартанян Г.С.* Месторождения углекислых вод горно-складчатых регионов. —М.: Недра, 1977.
2. *Вартанян Г.С.* Способ прогнозирования землетрясений. Российский патент № 791021. 1979.
3. *Вартанян Г.С.* Способ изучения напряженного состояния массива. Российский патент № 776278. 1979.
4. *Вартанян Г.С., Попов Е.А., Волейшо В.О.* и др. Методические указания по организации и проведению гидрогеологических наблюдений на специализированной наблюдательной сети в целях прогноза землетрясений. —М., 1985.
5. *Вартанян Г.С.* Роль гидрогеодеформационного поля в эволюции подземной гидросферы // Отечественная геология. 1993. № 1. С. 91—95.
6. *Вартанян Г.С.* Гидрогеодеформационное поле в исследовании механизмов геодинамики // Отечественная геология. 1995. № 4. С.29—37.
7. *Вартанян, Липилин А.В.* и др. Концепция создания и эксплуатации системы геодинамического мониторинга для целей прогноза сильных землетрясений // Опыт комплексного изучения геофизических полей для целей сейсмопрогноза. Материалы конференции. —М., 1998.
8. *Вартанян Г.С.* Региональная система геодинамического мониторинга в проблеме устойчивого развития государств сейсмоопасных провинций мира // Отечественная геология. 1999. № 2. С. 37—45.
9. *Вартанян Г.С., Гончаров В.С., Кривошеев В.П.* и др. Методические указания по ведению гидрогеодеформационного мониторинга для целей сейсмопрогноза (Система R-STEPS). —М.: Геоинформмарк, 2000.
10. *Вартанян Г.С.* Флюидосфера и эндодренажные системы Земли как ведущие факторы геологической эволюции // Отечественная геология. 2000. № 6. С.14—22.
11. *Вартанян Г.С.* Геодинамические процессы во флюидосфере и некоторые их следствия // Отечественная геология. 2003. № 2. С. 44—50.
12. *Вартанян Г.С.* Эндодренажная система Земли и сейсмичность: перспективы мониторинга // Отечественная геология. 2006. № 1. С. 41—52.
13. *Вартанян Г.С.* Гидравлический форшок — сверхкраткосрочный сейсмический предвестник // Отечественная геология. 2007. № 4. С. 59—66.
14. *Николаевский В.Н.* Земная кора, дилатансия и землетрясения / Фокальные механизмы землетрясений. —М.: Мир, 1982.
15. *Шебалин Н.В.* Полевые наблюдения и возможности интерпретации движений в ближней зоне сильного землетрясения / Сильные землетрясения. —М.: Изд-во Академии горных наук, 1997.
16. *Baecher G.N. and Keenney R.L.* Statistical Examination of Reservoir-Induced Seismicity // Seismological Society of America Bulletin. 1982. Vol. 72.
17. *Bazovic A.* Review and appraisal of Case Histories Related to Seismic Effects of Reservoir Impounding // Engineering Geology. 1974. Vol. 8. № 1/2.
18. *Brace W.F.* Experimental Studies of Seismic Behavior of Rocks under Crustal Conditions // Engineering Geology. 1974. Vol. 8. № 1/2.
19. *Han S-C., Shum C.K. and Jekeli C.* Precise in situ geopotential differences from GRACE low-low satellite-to-satellite tracking and accelerometer data. J. Geophys. Res., 2006. 111, B04411, doi: 10.1029/2005JB003719.
20. *Kisslinger C.* A Review of Theories of Mechanisms of Induced Seismicity // Engineering Geology. 1976. Vol. 10. № 2/4.
21. *Rogers G. and Dragert H.* Episodic Tremor and Slip on the Cascadia Subduction Zone: Chartter of Silent Slip // ScienceXpress magazin, May, 2003.
22. *Vartanyan G.S., Borevsky L.V.* Modern Problems of Regional Hydrogeodynamics. Selected Papers on Hydrogeology from the 28th International Geological Congress. Washington, D.C., USA, July 9—19, 1989. Vol. 1. 1990 Publ. Haus Heise. P. 501—506.
23. *Vartanyan G.S.* United States Patent., Method of monitoring deformation of geological structures and predicting geodynamic events. 1994.
24. *Vartanyan G.S.* Method of monitoring deformation of geological structures and predicting geodynamic events. European patent. 1998.

Основные тенденции развития и проблемы мировой геологической картографии в последнюю треть XX века¹

А.И.ЖАМОЙДА (ВСЕГЕИ)

Как известно, Международный геологический конгресс (МГК) впервые собрался в Париже в 1878 г. Уже на его II сессии было принято решение о составлении Международной геологической карты Европы (масштаб 1:1 500 000), для чего была организована специальная комиссия конгресса. Геологический комитет России, учрежденный в 1882 г., сразу же включился в составление листов международной карты по территории Европейской части страны.

Во время XI сессии МГК (Стокгольм, 1910) на заседании указанной комиссии директор геологической службы США Дж.О.Смит предложил начать работу и по составлению геологической карты Мира. После различных обсуждений на XII сессии МГК (Торонто, 1913) в рамках комиссии по геологической карте Европы были разделены работы и их исполнители по геологическим картам Европы и Мира. Можно считать 1913 г. годом образования самостоятельной комиссии по геологической карте Мира (КГКМ) [3]².

После второй Мировой войны были образованы подкомиссии по континентам во главе с вице-президентами этой комиссии. На XXI сессии МГК (Копенгаген, 1960) огромная территория СССР была оценена как «континент» и учреждена должность соответствующего вице-президента; Комиссия по карте Европы была преобразована в подкомиссию. Первые тематические подкомиссии по тектоническим и металлогеническим картам были созданы в 1954 г.: тектоническая по инициативе и под руководством Н.С.Шатского и А.А.Богданова, металлогеническая — У.Джонстона и Ф.Гайлда (США).

Первым вице-президентом Комиссии по СССР был избран по представлению Национального комитета геологов Н.А.Беляевский (заместитель министра геологии СССР), через год возглавивший Управление научно-исследовательских институтов министерства. В 1965 г. новый начальник указанного управления Г.И.Горбунов сменил Н.А.Беляевского на посту вице-президента комиссии.

Работа А.И.Жамойды в КГКМ как вице-президента по СССР началась во время XXIV сессии МГК (Монреаль, 1972). Тогда же были избраны президентом подкомиссии по тектоническим картам академик

А.В.Пейве, ее генеральным секретарем член-корреспондент АН СССР В.Е.Хаин (академик с 1987 г.). На всех последующих генеральных ассамблеях комиссии, до 1991 г. включительно, автор данной публикации докладывал о достижениях геологического картографирования в Советском Союзе, по поручению Мингео СССР и АН СССР организовывал выставки советских карт геологического содержания, готовил с коллегами обзоры международных выставок, оперативно публикуя соответствующие материалы в отечественных изданиях, в т.ч. в журнале «Советская геология». На последующих заседаниях комиссии (1992—1996 гг.) доклады А.И.Жамойды, также опубликованные, зачитывались [15, 16, 17].

После развала Советского Союза нельзя было допустить возможность ликвидации «континента», называемого СССР. Было предложено новое название для этой территории — Северная Евразия, поддержанное Национальным комитетом геологов России. Это важное предложение обосновано в докладе комиссии на XXIX сессии МГК (Киото, 1992) [15]³, которая в специальном пункте резолюции приняло предложенное название. В континент Северная Евразия вошли все страны СНГ (бывшие союзные республики Советского Союза); Эстония, Латвия и Литва присоединились к континенту Европа. Уже как вице-президент Комиссии по Северной Евразии автор настоящей статьи сдал в 1996 г. дела члену-корреспонденту РАН Ю.Е.Погребницкому, а его сменил в 2004 г. генеральный директор ВСЕГЕИ О.В.Петров.

Подробно деятельность КГКМ за время работы в ней А.И.Жамойды (1972—1996 гг.) и кратко до 2006 г. охарактеризована в книге [3].

В настоящей статье автор попытался наметить основные тенденции развития мировой геологической картографии за рассматриваемый период и показать место и значение в ней достижений отечественной геологии.

Общая характеристика геологической картографии СССР и за рубежом к началу 70-х годов XX века [6]⁴.

1. Геологические карты различных масштабов (от детальных до обзорных) — важнейшая основа геолого-прогнозных, поисковых и геологоразведочных ра-

¹ По материалам работы Комиссии по геологической карте Мира и сессий МГК.

² Упоминание в ряде публикаций, в том числе самой комиссии, 1910 и 1911 гг. не могут считаться началом ее самостоятельной деятельности [3].

³ Доклад был зачитан Г.Э.Грикуровым и распространен на сессии Конгресса.

⁴ Автор опускает имена составителей и редакторов упомянутых карт, так же как и перечисление учреждений, где эти карты готовились. Все необходимые данные указаны в списке литературы.

бот и исследований в разных областях геологии. Поэтому в ряде стран карты масштаба от 1:50 000 до 1:250 000 расценивались как государственные (Австралия, Испания, Швейцария). В Советском Союзе такой статус имели Геологические карты СССР масштаба 1:1 000 000 (с 1930-х годов) и 1:200 000 (с 1954). Регулярно переиздавались обзорные геологические карты территорий ряда стран. Например, вышли уже четвертыми изданиями карты Японии (1971) и Португалии (1972), а также карты полезных ископаемых Канады — в 1972 г. вышло 22-е издание.

2. В практику вошло составление комплектов карт геологического содержания одного масштаба для всей территории страны, дополняющих друг друга. При этом, кроме традиционных геологической и тектонической карт и карты месторождений полезных ископаемых, в комплекты входили карты метаморфических фаций и металлогенические (Турция), четвертичных отложений и гидрогеологические (Португалия), геоморфологического районирования и ледниковые (Канада), нефтегазоносности (Венесуэла). Число таких карт доходило до пяти. Примером комплекта региональных карт был Геологический атлас Скалистых гор, включающий геологическую, геоморфологическую («физиографическую»), гравиметрическую и сейсмическую карты, карты месторождений полезных ископаемых, а также схемы, показывающие геологическое развитие региона.

В Советском Союзе в комплекте пятитомной монографии «Геологическое строение СССР» были изданы карты: геологическая, четвертичных отложений, геоморфологическая, тектоническая, основных металлогенических зон, гидрогеологическая и гидрогеохимическая (1:7 500 000, 1967—1968).

В ходе подготовки к составлению нового комплекта карт СССР были опубликованы Геологическая карта и Карта четвертичных отложений (1:5 000 000), Карта магматических формаций и Тектоническая карта нефтеносных областей (1:2 500 000).

3. Составлялись отдельно и в комплектах нетрадиционные карты, демонстрировавшиеся на ГЕОРАМЕ-72: Тектоно-геологическая карта Гренландии, Геолого-геофизическая карта Италии, Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР (1:2 500 000), Структурно-формационная карта северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса (1:15 000 000), Атлас литолого-палеогеографических карт СССР (1:7 500 000, 1968—1969, 237 карт в четырех томах) с соответствующими монографиями.

4. Началось изучение и картографирование различными методами окраин материков — шельфовых зон, континентальных склонов и ложа океанов. В этом отношении конгрессу были представлены карты нашей страны (Геологическая карта Тихоокеанского подвижного пояса, тектонические карты Тихоокеанского сегмента и Полярных областей Земли, все

карты масштаба 1:10 000 000), Канады (Геологическая карта с островами и заливами, 1:5 000 000), Австралии (Геологическая карта неконсолидированных осадков шельфовой зоны — континента и Папуа, 1:5 000 000), а также Бразилии, Индии, США и Японии.

5. Усилился интерес к дистанционным методам геологического картирования — использованию аэро- и космических съемок, появились первые результаты учета радарных съемок.

6. Не наблюдалось принципиальных новшеств в приемах и технике картосоставительских и издательских работ. Попытки заменить бумагу прозрачными пластиками или использовать рельефные основы для геологических карт не привились. Однако они стали использоваться в учебных целях.

7. Расширение международного сотрудничества как при выпуске карт континентов и крупных регионов планеты под эгидой КГКМ, так и при картировании рядом государств (Великобритания, США, ФРГ) на территориях стран Азии, Африки и Южной Америки. Все карты выполнены по традиционной методике и технике. К 1972 г. были изданы международные геологические карты Европы со Средиземноморским регионом, Азии и Дальнего Востока (без территории СССР), обе масштаба 1:5 000 000; Тектоническая карта (1:5 000 000) и Карта минеральных ресурсов Африки (1:10 000 000).

Наша страна принимала активное участие в составлении международных карт Европы, строго выполняя свои обязательства по подготовке листов, охватывающих территорию СССР. В Геологической карте Европы (1:1 500 000) таких листов было 20 из 49, в Карте четвертичных отложений (1:2 500 000) — 6 из 16. Для Металлогенической карты (1:2 500 000), кроме составления листов, была подготовлена Объяснительная записка под редакцией Е.Т.Шаталова. Во ВСЕГЕИ к планируемой Международной гидрогеологической карте Европы (1:1 500 000) дорабатывалась легенда применительно к условиям Европейской части СССР. В Советском Союзе были составлены и демонстрировались на ГЕОРАМЕ-72 Карта тектоники докембрия континентов мира (1:15 000 000) и Карта угольных месторождений мира (1:10 000 000).

Состояние отечественной геологической картографии отвечало высокому научному мировому уровню, и ее развитие шло в русле основных тенденций развития мировой картографии. По разработке принципов составления легенд специальных карт наша страна опережала мировое сообщество. В то же время картирование акваторий и применение высотных съемок у нас только начиналось. Положительными и, как теперь говорят, продуктивными факторами были учреждение и совершенствование государственной политики в области геологического картографирования и востребованность его результатов. Разработка Министерством геологии СССР и его головными ин-

ститутами краткосрочных и перспективных планов составления государственных и других геологических карт стандартных масштабов и карт специального назначения, стадийность выполнения принятых планов, позволило решать важнейшие задачи геологической службы по укреплению и расширению минерально-сырьевой базы страны.

Дальнейшее развитие мировой геологической картографии в XX в. шло эволюционным путем. Расширялись прежние направления, появлялись единичные новые, некоторые из них становились приоритетными. Однако все-таки наметился по крайней мере один рубеж качественных изменений — это начало 1980-х годов, что было ярко и документально продемонстрировано во время XXVII сессии МГК (Москва, 1984).

Формально некоторую «этапность» развития геологической картографии удобно «привязать» к сессиям МГК, на которых можно было познакомиться с конкретными ее достижениями.

К середине 1970-х годов (XXV сессия МГК, Сидней, 1976) в целом наблюдались те же особенности, что и к началу этого десятилетия [5]. Карты оперативно использовались национальными геологическими службами и разработчиками месторождений полезных ископаемых. Например, в Австралии регулярно предварительно публиковали карты масштаба 1:250 000 в черно-белом и 2-цветном варианте для широкого ознакомления всех заинтересованных лиц; дважды в год выходили карты, отражающие нефтяные запасы.

Продолжалось издание серий и комплектов карт, среди которых были и нетрадиционные (сейсмической активности, геохимические, геотермические, радиометрического возраста гранитов и др.). Большое внимание было уделено глубинному картированию. Из оригинальных карт глубинного строения отметим Тектоническую карту фундамента территории СССР (1:5 000 000), Геологическую карту нижней поверхности чехла Русской платформы (1:2 500 000) и Карту докаменноугольной структуры Тасмании (1:500 000). В основе второго издания Международной тектонической карты Европы (1:2 500 000, 1976) оставался возраст складчатости, однако с учетом сложной истории деформаций и неоднократной переработки геологических комплексов. Было показано продолжение континентальных структур на шельфе [11].

Значительно расширилось изучение дна морей и океанов: применение различных геофизических методов и бурения при картировании шельфа Австралии; карты донных осадков морей, омывающих Францию, Великобританию и Индию.

Геологические службы США и Австралии перешли к практическому использованию космических снимков при картировании разных масштабов вплоть до локальных (карты месторождений, отдельных тектонических структур и др.).

К новациям середины 1970-х годов относятся: геологические карты и атласы осадочных палеобассейнов (Австралия, Франция); тектонические карты, составленные на основе концепции плитной тектоники (карты Урала — СССР и Нового Южного Уэльса — Австралия, обе карты 1:1 000 000); Геологический глобус (1:15 000 000, ВСЕГЕИ, Институт океанологии) и карты Марса (США) — Атлас из 42-х карт и Топографической карты планеты (1:25 000 000). Последняя, по существу, является геоморфологической картой с генетическими элементами. Напомним, что подобная карта Луны была составлена в начале 1940-х годов А.В.Хабаковым [12].

В выставке карт на XXV сессии МГК впервые участвовала КНР, представившая Геологическую карту Азии (1:5 000 000). Советский Союз продемонстрировал первую Геологическую карту Антарктиды (1:5 000 000) с изображением подледникового рельефа и толщины ледникового покрова.

Общим для рассматриваемого периода являются попытки многих геологических служб добиться максимального использования разрешающих возможностей стандартных масштабов, чтобы изобразить как можно больше самых мелких тел и структур. При этом информативность карт масштабов 1:10 000 000 и 1:1 000 000 доводилась до информативности карт масштабов 1:7 500 000 и 1:500 000 соответственно.

В конце 1970-х годов получили широкое распространение различные виды тектонических карт, появились первые карты, характеризующие окружающую среду, позже названные геоэкологическими, и карты геологических опасностей (землетрясений и др.) [7, 8].

Разнообразие тектонических карт было удивительным, что хорошо видно из их перечисления: авторский макет Международной тектонической карты Мира (1:15 000 000, 1984); Тектонические карты Северной Евразии, составленные по новым принципам, отражающим время формирования континентальной коры, и Северных Полярных областей Земли (обе 1:5 000 000, СССР); карты разломов территории СССР (1:2 500 000) и новейшей тектоники СССР (1:5 000 000); комплект карт Казахстана с показом проявлений тектоно-магматической активизации (1:1 500 000); Сейсмо-тектоническая карта КНР (1:4 000 000); геолого-тектонические карты Карибского бассейна и морских владений КНР с показом распространения рифов как структур перспективных на углеводороды, и, наконец, Атлас палеотектонических карт СССР (1:5 000 000).

Приоритет структурных элементов прослеживался и на картах метаморфических пород Канадского щита (1:3 500 000), метаморфических фаций Антарктиды (1:5 000 000) и рудоносности докембрия континентов (1:15 000 000; обе СССР).

Комплекты карт с комплексной характеристикой окружающей среды как для ее использования, так и

охраны, были наиболее распространены в ФРГ, Швейцарии (геотехнические) и Италии. Составлялись они также в Индии, Марокко и Франции.

Как бы завершением рассмотренного этапа развития мировой геологической картографии было издание Геологического атласа Мира на 21 листе с краткими объяснительными записками — труд десятков геологов разных стран, в т.ч. Советского Союза, под руководством известных французских геологов Ж.Шубера и А.Формюре (1:10 000 000 для континентов, от 1:16 000 000 до 1:36 000 000 для дна океанов).

Успехи мировой геологической картографии в 1970-е годы обусловили возникновение новых проблем, которые требовали специальных разработок и решений [5]: 1) следствие появления разнообразных нетрадиционных карт, включая и карты дна морей и океанов. Для ее решения необходимо было организовать обсуждение и выработку единых принципов построения легенд таких карт, причем на международной основе; 2) связана с необходимостью комплексного и скоординированного использования материалов аэровысотных и космических съемок для одних и тех же территорий, снятых в различных условиях и режимах; 3) связана с разработкой эффективных и наглядных методик изображения глубинного строения земной коры. Среди многих предложений рассматривалась и возможность применения голографии; 4) попытки максимального использования разрешающих возможностей стандартных масштабов — как при этом избежать потери структурности и наглядности карты. Очевидно, надо было согласовывать площади картируемых тел с масштабами карт; 5) возникла с началом использования ЭВМ и компьютеров при подготовке, составлении, корректировке и публикации карт. С этим были тесно связаны и задачи разработки информационно-поисковых систем.

Перечисленные проблемы остаются актуальными и в начале XXI в. Если они решались в рамках некоторых национальных геологических служб, то в международном масштабе они далеки от завершения.

В начале 1980-х годов произошли качественные изменения в мировой геологической картографии. Новейшие исследования в области геодинамики, геофизики, геохимии и геотермии, создали возможность получения комплексных характеристик земной коры и более глубоких геосфер с помощью серий оригинальных карт [4]. Геологические карты континентов и отдельных стран, как правило, охватывали прилегающие акватории. Значительная часть тектонических карт составлялась на основе принципа мобилизма — карты Италии (1:1 500 000), Кубы (1:500 000), Северной Евразии (1:5 000 000, СССР), Циркум-Тихоокеанского региона (1:10 000 000, США). Последняя сопровождается геодинамической картой того же масштаба, на которой в качестве общего фона дана характеристика аномальных полей силы тяжести и подробная информация об очагах землетрясений. По данным дистанционных ме-

тодов, различные тектонические структуры отражены на Космогеологической карте линейных и кольцевых структур территории СССР (1:5 000 000) и на четвертом издании Геологической карты СССР (1:2 500 000, 1984), впервые охватившей акватории.

На необходимость создания геологических карт с возможно широким использованием геофизических данных обратила внимание КГКМ, в составе которой была образована рабочая группа по геолого-геофизическим картам под патронажем генерального секретаря Комиссии Ф.Делани. Такие карты должны были сопровождаться профилями с использованием результатов изучения материалов глубоких и сверхглубоких скважин, которые начали бурить с середины 1970-х годов. Появились петрогеофизические карты, к которым условно можно отнести и Карту намагниченных образований территории СССР и дна прилегающих морей (1:5 000 000). На ней впервые отображена магнитная неоднородность верхней части консолидированной земной коры, оконтурены магнитоактивные образования и др.

Гидрогеохимические карты широко распространены в нашей стране: Карта гидрогеохимической структуры бассейнов подземных вод и Газогидрогеохимическая карта СССР (обе 1:7 500 000), Гидрогеохимическая карта района БАМ (1:1 500 000). На Гидрогеохимической карте ЧССР (1:200 000) была показана смена разных типов вод в вертикальном разрезе. Геотермические карты с характеристикой температур до глубины 2000 м составлялись в Италии и Японии. В Советском Союзе был издан Гидрогеотермический атлас (1:8 000 000—1:15 000 000).

Иллюстрацией более комплексной характеристики континентальной земной коры и частично верхней мантии для значительной территории могут служить 17 карт Атласа геологических и геофизических карт СССР (1:10 000 000, 1978—1982 гг.). Среди них — карты структурно-формационных комплексов и морфоструктур центрального типа, петромагнитная и петроплотностная карты геологических формаций, карты аномального магнитного поля, геотермического режима и глубинного строения, схемы зон глубинных разломов и плотностной дифференциации мантийно-коровых блоков, карта структурно-минералогических зон и геодинамическая карта. Карты атласа вместе с объяснительными записками давали представление об истории развития земной коры, ее глубинном строении и взаимосвязи эндо- и экзогенных процессов [9].

В конце 1980-х и начале 1990-х годов геологическая картография в целом развивалась по уже сформулированным направлениям с некоторыми новшествами (Отчет МГ СССР, 1990; [1, 14]. Продолжалось составление и издание комплектов карт в 20 странах, включая Советский Союз.

Карты, содержащие данные по геодинамике, были составлены в США и ФРГ (плейт-тектонические па-

линспатические реконструкции), Италии (синтетическая структурно-кинематическая карта страны), СССР (Геодинамическая карта страны, 1:2 500 000; комплект карт Геодинамика Карпат, 1:2 000 000), на международной основе — карты океанов: Тихого с обрамлением, Атлантического, Индийского и циркумполярные Арктики и Антарктики. Тектонические карты содержали количественные характеристики геодинамических процессов с использованием спутниковой альтиметрии, геодезических измерений и компьютерного моделирования.

В СССР, США, ФРГ, Швеции, Франции, Чехословакии, Канаде, Великобритании и Японии осуществлялись национальные программы глубокого бурения на континентах, результаты которого предполагалось использовать в т.ч. и для геологического картирования, включая различные виды глубинных срезов. Приоритет в этой области принадлежал СССР, где было заложено 11 скважин проектной глубиной от 7 до 15 км. Сверхглубокая Кольская скважина к 1984 г. достигла глубины 12 260 м и работы на ней были приостановлены. Скважины многое дали для интерпретации различных геофизических и геотермических параметров по глубине, для уточнения особенностей стратиграфии и магматизма регионов, однако полученные материалы в полной мере не были использованы при составлении карт геологического содержания.

По-видимому, переключение внимания геологов на различные специальные карты, которые в принципе должны были бы по крайней мере способствовать расширению минерально-сырьевых запасов, но не всегда этой цели отвечали, привело к сокращению подготовки металлогенических (в широком смысле) карт в ряде стран. Советского Союза это не коснулось: были завершены и изданы уникальный комплект карт «Металлогения СССР» (8 региональных карт масштабов от 1:1 000 000 до 1:2 500 000, 1984—1989), Карта полезных ископаемых СССР (1:5 000 000), Минерагеническая карта СССР. Фосфаты (1:2 500 000), Карта теплового потока и гидротермального оруденения в Мировом океане (1:20 000 000). Карта эндогенных месторождений (1:4 000 000) была опубликована в КНР.

Металлогенические карты продолжали составляться под руководством соответствующей подкомиссии КГКМ: были изданы металлогенические карты Южной Америки, а также Южной и Восточной Азии, готовилась Карта минеральных ресурсов Африки (все 1:5 000 000). По инициативе советской стороны были начаты работы по новому проекту — Атлас металлогенической зональности докембрия мира.

Дистанционные методы исследований континентов (главным образом со спутников) развивались в направлении рационального комплексирования с результатами геолого-геофизических и геохимических

работ (США, Канада, Франция и др.). Морское дно изображалось с подводных аппаратов при помощи санаров различного типа. Полученные фотокарты сопровождалась топографической и геологической нагрузкой.

В ряде стран (Финляндия, Швеция, Норвегия, Италия, Япония) составлялись карты геоэкологического содержания. Под эгидой подкомиссии КГКМ была составлена Карта окружающей среды Фенноскандии (1:1 000 000). Оригинальный комплект из 12 таких карт (1:50 000) был издан в ЧССР; в него вошли, кроме традиционных, карты: инженерно-геологическая, почвенная, использования почв, химического состава поверхностных вод, речных осадков, геохимическая (для сельского хозяйства), заказников, важнейших характеристик окружающей среды, конфликтных ситуаций.

К новациям рассматриваемого периода можно отнести все увеличивающееся значение для геологической картографии компьютерных технологий и информационных систем. Компьютерные технологии геологоразведочных работ и научных исследований, включая программное обеспечение по картографии, геофизике, геохимии, тектонике и другим, наиболее распространены в США, ФРГ, Японии, Канаде, Австралии, Франции. В частности в США геохимическое картографирование производилось в процессе специальной компьютерной обработки данных аэрогаммаспектрометрической съемки с помощью ЭВМ на основе преобразования цифровой сетки по определенному алгоритму. Географические информационные системы (ГИС) в геологической картографии начали использоваться в ряде стран, включая Россию.

Продолжало увеличиваться число специальных карт геологического содержания. Только в нашей стране к 1989 г. составлялось и издавалось 69 различных видов карт, которые можно было скомплектовать в 11 тематических групп [14]. Часть карт дублировала друг друга, но большинство из них не имело четкого определения и ясно сформулированной цели. Это перепроизводство карт, когда их число перешло разумные пределы, в особенности обострило проблему, существующую еще с начала 1970-х годов — необходимость формулировки целевого назначения каждой карты и выработки единых принципов построения их легенд. Такие попытки делались в некоторых странах, в т.ч. и СССР, но проблема осталась, тем более в международном масштабе.

Переломные 90-е годы оказались драматическими для отечественной геологии. Разрушение существующей системы министерств привело к ликвидации Министерства геологии СССР. До августа 1996 г., когда геология оказалась одним из четырех направлений деятельности нового Министерства природных ресурсов России, геологическая служба страны претерпела пять реорганизаций. В целях сохранения лидирующего положения России в геоло-

гическом изучении значительных частей Европы и Азии по предложению автора статьи, как было уже указано, КГКМ в 1992 г. переименовала Подкомиссию по СССР в *Подкомиссию по Северной Евразии* [15].

Невозможность личного участия в пленумах КГКМ и на МГК в 1992—1996 гг. и, следовательно, невозможность непосредственно знакомиться, в т.ч. на международных выставках, с достижениями мировой геологической картографии дают возможность автору данной статьи охарактеризовать 1990-е годы лишь в общем виде, в основном ограничиваясь примерами карт, составленных в России.

До конца XX в., по существу, сохранились основные тенденции развития мировой геологической картографии, имевшие место к середине 1980-х годов, с некоторыми дополнениями [17, 2]:

1. Как уже было отмечено, комплекты карт различного содержания достигли, на взгляд А.И.Жамойды, максимума. Уникальными примерами могут служить Геологический атлас Украины (1:5 000 000, 1990, 50 карт), содержащий только палеогеологические карты для 14 временных срезов, и Геологический атлас России (1:10 000 000, 1995—1996, 40 карт).

2. Продолжалось составление различных карт геологического содержания, которые оценивались еще в 1980-е годы как нетрадиционные, а к концу XX в. уже вошли в круг обычных, отражающих характеристику различных геологических структур, вещественного состава и физических полей земной коры и определенных ее горизонтов и блоков. Так, карты, упомянутого Геологического атласа России скомпонованы в четыре раздела: геологическая и геофизическая изученность страны; строение, геологическая история и геодинамика территории; полезные ископаемые, геохимия и гидрогеохимия; экологическое состояние геологической среды.

3. Среди увеличивающегося числа специализированных карт преобладают карты, интерпретационная составляющая которых все более превышает фактографическую. Реконструируются палеогеодинамические ситуации и режимы на основе различных геодинамических концепций, вводятся геотермические характеристики участков земной коры, обосновываются генетические выводы о месторождениях полезных ископаемых, не говоря уже о традиционных палеогеографических и палеобиогеографических построениях. Примером комплексной интерпретации геологических и минерагенических данных может служить Атлас палеовулканологических карт Северо-Восточной Евразии (1:5 000 000, 2001), состоящий из 5 карт, охватывающих интервалы времени V—S₁, S₂—C₁, C₂—T, J—K, P—N.

4. Попытки использования новых (или не очень новых) тектонических концепций, совершенствование на этой основе сбора первичных данных и соответствующая их интерпретация. Л.И.Красный [10] рас-

сматривает в настоящее время существование 5 основных тектонических концепций: наиболее раннюю геосинклинально-платформенную и возникшие в 1960-е—начале 1970-х годов XX в. геоблоковую, плейт-тектоническую, тектонической расслоенности и ринг-тектоническую (центрального типа). Использование двух последних не прослеживается при составлении геологических карт. Из трех первых наиболее активно внедряется в геологическую картографию плейт-тектоническая (с вариациями). Ряд крупных обзорных карт составлен на основе геоблоковой концепции, не вышла из применения и геосинклинально-платформенная. При этом особое значение приобретают дистанционные методы, прежде всего спутниковые. Карты, составленные на основе плитной тектоники, иногда называют космогеологическими. Таковы Космогеологическая карта СССР (1:2 500 000, 1984), Космотектоническая карта европейских стран — членов СЭВ и СФРЮ (1:1 000 000, 1988), Космогеологическая карта Азербайджана (1:500 000, 1995), Тектоническая карта Средиземноморского региона (1: 5 000 000, 1994), Тектоническая карта Баренцева моря и северной части Европейской России (1:2 500 000, 1996) и др. Третье издание Международной тектонической карты Европы (1:2 500 000, 1998) базировалось на концепции тектоники литосферных плит с выделением фаз и эпох тектоногенеза и с геодинамической характеристикой выделенных структур, включая ложе океана [11].

5. Составление карт и геологических профилей (сопровождающих карты или отдельных), характеризующих геодинамику земной коры, ее временных и структурных горизонтов и более глубоких горизонтов литосферы, исходя из различных тектонических концепций. Увеличение глубинности исследований с помощью различных геофизических методов.

6. Усиливаются попытки внедрения в геологическую картографию данных, которые интерпретируются как генетические характеристики, что реализуется на геологических картах с помощью обозначения фациальных обстановок в седиментационных палеобассейнах прослеживанием на площади единых интрузивно-вулканогенных комплексов, изображением особенностей палеотектонических структур и др. На металлогенических картах выделяются в качестве самостоятельных объектов продуктивные (рудоформирующие) системы различного типа и ранга с учетом возрастных характеристик (моно- или полихронных). Для карт разных масштабов продуктивные системы соответствуют рудным районам, рудным узлам и месторождениям.

7. Переход от составления геологических карт шельфа к систематическому картированию более глубоких зон морей и океанов вплоть до дна Мирового океана. Появились карты, охватывающие всю планету — континенты и океаны, причем не только геологические, но и минерагенические и геоморфологические. Например, отечественные карты: Металлогене-

ническая карта Мирового океана (1:10 000 000, 1996), Геологическая и Геолого-минералогическая карты Мира (обе 1:15 000 000, 2000), Карта нефтегазового потенциала мира (1:15 000 000, 1994), Орографическая карта Арктического бассейна (1:5 000 000, 1995).

8. Особое внимание обращается на составление геоэкологических карт (в широком смысле), включающих карты характеристики окружающей среды и ее мониторинга, карты геологической опасности, обусловленной как природными катастрофическими явлениями, так и деятельностью человека. В КГКМ образована специальная подкомиссия карт геологической опасности, в задачу которой входит разработка унификации основ и терминологии таких карт, составляемых в разных странах по разным методикам (США, Россия, Италия, Япония и др.).

В.Е.Хаин в своей замечательной книге обосновывает «возникновение» новой научной дисциплины — ноогеологии (т.е. разумной геологии) и полагает, что ноогеологические исследования должны начинаться со специального геологического картирования. Он считает, что необходимо различать карты геоэкологического и ноогеологического назначения: «На первых показываются существующие *в настоящее время* (выделено автором статьи) природные условия плюс очаги потенциальной опасности геоэкологических катастроф. На вторых — планируемое размещение различных объектов *будущей* (выделено автором статьи) человеческой деятельности с оптимальным учетом использования и сохранения природных геологических условий» [13, с. 343]. В этом предложении заключена, по существу, новая концепция рационального взаимодействия человека и природы на перспективу. Как сообщает автор, на недавнем заседании КГКМ демонстрировался образец подобной карты для территории Большого Лондона. Специально созданной подкомиссии поручено подготовить соответствующие предложения.

9. Перечисленные тенденции в XXI в. дополнены расширяющимся использованием в геологической картографии результатов изотопных методов анализов как для характеристики вещественного состава и определения возраста пород, так и для получения конкретных данных о любых проявлениях и концентрациях различных химических элементов и полезных ископаемых.

10. Внедрение компьютерных технологий в подготовке авторских оригиналов и издательских форм, для получения (в т.ч. оперативного) результатов анализа комплекса разнообразных данных, содержащихся на различных картах и их комплексах с целью использования наиболее достоверной информации о геологическом строении и геологической истории регионов (включая акватории) Земли и их минерально-сырьевого потенциала.

11. Все большее применение в геологической картографии приобретают цифровые системы с создани-

ем баз первичных и производных данных, цифровых моделей геологических карт, компьютерных ГИС-технологий подготовки авторских оригиналов и издательских форм, которые могут быть использованы и для автоматической генерализации карт и могут способствовать комплексному анализу (интегрированию) особенностей любого конкретного геологического объекта, прежде всего связанного с минерально-сырьевыми ресурсами.

В заключение остановимся на современных проблемах геологической картографии. К пяти проблемам, уже перечисленным и остающимся актуальными и в XXI в, можно добавить новые, рассмотренные на российском материале в уже упомянутой книге «Три века геологической картографии России» [2]:

1. В связи с увеличением интерпретационной составляющей геологических карт над фактографической возникла проблема достижения оптимального их соотношения для карт разных специализаций и масштабов.

2. Проблему эффективного использования различных геодинамических концепций авторы указанной книги видят в необходимости увязки этих «концепций, обуславливающих неопределенности тектонического картографирования» [2, с. 422]. Представляется, что вряд ли можно говорить об успешной увязке нередко «антагонистических» концепций. Скорее проблема заключается в том, чтобы найти применимость определенной концепции для «расшифровки» строения и геодинамики определенной субглобальной структуры, т.е. отказаться от принципа безусловной универсальности той или иной тектонической концепции.

3. Еще одна проблема, формулируемая авторами указанной книги как «соотношение биостратиграфических и литостратиграфических подразделений с формационными» [2, с. 416 и 422], на взгляд автора данной публикации, видится в другом: в существующем разнообразии понятия «формация» и, следовательно, в разнообразии формационной терминологии, номенклатуры и даже классификации. Давно назрела необходимость упорядочения именно формационных «недоработок», а значение и место лито- и биостратиграфических данных в формационном анализе достаточно понятно.

4. Совершенствование различных карт геологического содержания (в т.ч. не относящихся к собственно металлогеническим) в их направленности на прогноз полезных ископаемых. Это может быть достигнуто детальным картированием и фиксацией таких геологических структур и полей, которые являются или могут быть рудоконтролирующими, выделением толщ и геологических объектов, содержащих повышенные содержания полезных элементов и др.

5. Следующую проблему авторы книги видят в повышении социальной значимости геологических карт, понимая под этим их широкое использование в

самых разных областях экономики — в промышленности, сельском хозяйстве, лесоводстве, в службе безопасности и просвещении общества. Важное условие решения такой проблемы — доступность картографической информации для широкой публики, что будет способствовать ее возрастающей востребованности. С этим связана и необходимость исследований по восприятию компьютерных изображений, которые все шире будут внедряться в геологическую картографию.

6. Совершенствование картографического дизайна, включающее «совершенствование систем условных обозначений, модификацию форм легенд и картографических элементов в зарамочном оформлении» [2, с. 423]. Авторы правильно относят к этой проблеме достижение «красоты карты». Мне кажется, что это выражение лучше заменить на «эстетическое совершенство карты» или просто «эстетику карты».

7. Важнейшей проблемой геологического картографирования, прежде всего в России, является организационная, ключевым аспектом которой будет принятие в законодательном порядке системы планирования комплексного регионального изучения страны по программно-целевому принципу. Здесь вполне уместна ссылка на решение проблемы Байкало-Амурской магистрали в 1970-е годы. Составляющими указанной проблемы в первую очередь являются: установление последовательности геологического доизучения регионов с учетом экономической приоритетности; определение рациональной последовательности процесса подготовки, составления и публикации (включая компьютерную) карт; концентрация составления государственных и обзорных карт в высококвалифицированных коллективах при оснащении современной компьютерной техникой и периодическое обновление карт при постоянной оперативной актуализации так называемых дежурных карт, и прежде всего непосредственно связанных с минерально-сырьевыми ресурсами.

Решение перечисленных проблем возможно по крайней мере при выполнении трех важнейших условий: 1) должно быть предусмотрено достаточное и «надежное» финансирование работ; 2) необходимо объединение усилий организаций МПР РФ и Федерального агентства по недропользованию, а также научно-исследовательских институтов РАН; 3) необходимо расширять геологокартографические работы на международной основе, в т.ч. восстановить активное участие в работе Комиссии по геологической карте мира и ее подкомиссий.

Будем надеяться, что совместными усилиями российских геологов разных ведомств перечисленные проблемы будут успешно решаться, и Россия традиционно будет в числе стран-лидеров мировой геологической картографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов В.А., Жамойда А.И., Межеловский Н.В. и др. Выставка «ГЕОЭКСПО-89» // Проблемы геологии и полезных ископаемых на XXVIII сессии МГК. —М.: Наука, 1991. С. 179—187.
2. Бурдэ А.И., Стрельников С.И., Межеловский Н.В. и др. Три века геологической картографии России. —М.—С-Пб.: ГЕОКАРТ, 2000.
3. Жамойда А.И. Четверть века в Комиссии по геологической карте Мира / Зап. вице-президента. —С-Пб., 2007.
4. Жамойда А.И., Басков Е.А., Ганешин Г.С. и др. Геологическая картография на XXVIII сессии МГК // Советская геология. 1985. № 6. С. 40—51.
5. Жамойда А.И., Колчанов В.П., Никифорова Г.Я. Достижения и проблемы геологической картографии // Проблемы геологии и полезных ископаемых на XXV сессии МГК. —М.: Наука, 1979. С. 156—166.
6. Жамойда А.И., Красный Л.И. Геологические карты на XXIV сессии МГК в Канаде // Советская геология. 1973. № 3. С. 147—153.
7. Жамойда А.И., Никифорова Г.Я. Геологическая картография на XXVI сессии МГК // Советская геология. 1981. № 2. С. 119—124.
8. Жамойда А.И., Никифорова Г.Я. Геологические карты на «ГЕОЭКСПО-80» // Проблемы геологии и полезных ископаемых на XXVI сессии МГК. —М.: Наука, 1983. С. 180—191.
9. Карты геологического содержания Союза Советских Социалистических Республик на ГЕОКАРТА-84 / Сост. Г.Я.Никифорова. —М.-Л., 1984.
10. Красный Л.И. Эволюция тектонических идей от середины XIX столетия до современности / Первые научные чтения памяти академика РАН И.С.Грамбага. —С-Пб., 2003.
11. Леонов Ю.Г. Тектонические карты в прошлом и будущем // Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. 2007. Т. 82. Вып. 1. С. 6—11.
12. Хабаков А.В. Об основных вопросах истории развития поверхности Луны. —М.: Гос. изд-во географ. лит-ры, 1949.
13. Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии. —М.: Научный мир, 2003.
14. Zhamoïda A.I. Geological Cartography in the USSR in 1984—1989. Leningrad. VSEGEI. 1989. (CGMW Bull. 39. 1989. P. 24—35).
15. Zhamoïda A.I. Geological cartography in the Northern Eurasia. 1989—1992. Ротапринт ВСЕГЕИ. 1992. (CGMW Bull. 42. 1992. P. 38—41).
16. Zhamoïda A.I. Geological cartography in the Northern Eurasia. 1992—1993. Ротапринт ВСЕГЕИ. 1994. P. 4. (CGMW Bull. 43. 1994. P. 51—52).
17. Zhamoïda Alexander I. Geological Cartography in Northern Eurasia Countries in 1992—1996. St. Petersburg: VSEGEI Press. 1996. (CGMW Bull. 46. 1996. P. 79—100).

Биогенез и рудообразование

М.М.КОНСТАНТИНОВ (ЦНИГРИ), А.А.СИДОРОВ (ИГЕМ)

В 1929 г. друзья и ученики московского профессора Якова Васильевича Самойлова издали сборник его статей под общим названием «Биолиты», положив тем самым начало разработке нового научного направления о роли биогенных процессов в возникновении каменной оболочки Земли. Задача авторов настоящей статьи была намного локальнее, но и в некоторой степени сложнее: рассмотреть роль биогенеза в формировании рудных концентраций металлов.

Руда, представляющая собой скопление минералов, рентабельное для промышленного освоения, как правило, включает концентрации металлов, значительно превышающие их рассеянные (фоновые или кларковые) содержания в земной коре.

Л.Н.Овчинников [13] провел специализированный анализ этой проблемы для основной группы металлов, характеризующих рудные месторождения. По его данным, концентрации Mn в 50 раз превышают его средние содержания в земной коре (0,10%); Cu — в 43 раза ($4,7 \cdot 10^{-3}$); Pb — в 188 раз ($1,6 \cdot 10^{-3}$); Mo — в 46 раз ($1,1 \cdot 10^{-6}$); Ag — в 288 раз ($7,0 \cdot 10^{-6}$); Au — в 285 раз ($4,3 \cdot 10^{-7}$); Pt — в 400 раз ($7,0 \cdot 10^{-7}$). Заметим, что достижение промышленных концентраций для благородных металлов требует их концентрирования по сравнению с «фоном» на порядок выше, чем для цветных. При этом, как полагал Л.Н.Овчинников, более легкая экстракция рудных элементов по сравнению с порообразующими обусловлена в первую очередь их нахождением в рассеянной молекулярной или атомной форме.

Учение о месторождениях полезных ископаемых как фундаментальная, и в тоже время сугубо прикладная область научных знаний на протяжении столетий всем комплексом геологических наблюдений, исследований, экспериментов решает, по существу, один вопрос: в чем состоят механизмы, приводящие в итоге к феноменальным концентрациям металлов в локальных участках земной коры. Поэтому различными исследователями затрагивается вопрос о роли биогенеза в концентрации металлов.

В частности, работы Дж.Л.Ла-Бержа по железу [4], С.Г.Неручева по урану [10], А.А.Сидорова и И.Н.Томсона [17], М.М.Константинова по золоту [6] указывают на большое значение процессов биогенеза в концентрировании этих металлов.

Данные, которые удалось собрать и проанализировать авторам статьи, позволяют выдвинуть принципиально новое положение, состоящее в том, что процессы биогенеза — необходимый глобальный фактор, определяющий стадийное концентрирование металлов в земной коре, приводящее

на конечных стадиях к формированию рудных месторождений.

Первые признаки реликтов биогенеза в земной коре датируются цифрами 4—4,4 млрд.лет [15]. Принципиальны в этом плане доказательства биогенного происхождения огромных скоплений графита в Алданском районе, возраст которых 3,5—4 млрд.лет [8].

Что касается рудных объектов, то первые несомненные признаки участия биогенеза в рудоконцентрировании установлены на гигантском золотоурановом месторождении Витватерсранд (Южная Африка), где присутствуют также минералы платиновой группы в виде осмистого иридия. К сведениям о наиболее древнем биогенном концентрировании золота следует отнести данные Р.Хатчинсона о наличии нитевидных выделений золота в рудах Витватерсранда, где золотом, вероятно, замещались древние водоросли [28]. Этими данными также обосновывается предположение о наличии кислорода в архее. Большинство современных исследователей предполагает, что развитие биогенеза определило увеличение плотности кислорода в атмосфере и его активности в геологических процессах в целом и рудообразовании в частности.

Уран на месторождении Витватерсранд образует смесь уранинита и углерода, являющуюся разновидностью минерала тухолита [7]. Он приурочен главным образом к слоям конгломерата в форме мелких овальных зерен. Реже распространены столбчатый и массивный тухолит. Поперечные прослойки и столбики тухолита по своим границам заключают прожилки видимого золота. В конгломератах обнаруживаются также округлые зерна осмистого иридия, замещенные каемками золота и пирита.

Принципиальное значение для рассматриваемой проблемы имеют исследования Дж.Л.Ла-Бержа [4], обосновавшего биогенное происхождение докембрийских железорудных формаций. Их особенности автор данной работы определяет следующим образом:

1. Верхний временной интервал образования таких формаций (которые общепринято называть железистыми кварцитами) устанавливается интервалом 1800 млн.лет.

2. На всех месторождениях широко распространены сфероидальные кремнистые и сидеритовые образования с устойчивой размерностью 20—30 мкм. При этом сфероидальные образования диаметром 20—35 мкм, выполненные желтовато-бурым до черного органическим веществом, наблюдаются на многих месторождениях Канады и Австралии. В них присутствуют также тонкозернистый пирит и карбо-

наты, частично замещающие органическое вещество. Яшмы с водорослями некоторых железорудных формаций содержат нитчатые и шаровидные образования, аналогичные сфероидальным формам из органического вещества в черных строматолитовых кремнистых породах.

3. Можно проследить последовательное замещение органического вещества сидеритом и пиритом, а этих минералов — гематитом.

4. Однотипные сфероидальные образования присутствуют на месторождениях с различными физическими условиями формирования. Тонкослоистые или полосчатые железорудные формации нижнего и среднего докембрия, ассоциирующие с глинистыми сланцами, образовались в относительно глубоководных стабильных водоемах, тогда как гранулярные, неравномерно слоистые, в т.ч. косослоистые, иногда с водорослевыми строматолитовыми горизонтами — отложения мелководной волноприбойной зоны.

5. Как полагает автор публикации [4, с. 259], «в пользу общего (биогенного, а не коллоидного) происхождения сфероидальных образований свидетельствует нахождение их во многих районах и породах, формировавшихся в различных гидродинамических условиях; присутствие в одном шлифе многих тысяч однородных по размеру образований; сходство размеров сфероидальных образований и известных биологических видов».

Следует отметить постоянную повышенную «фоновую» золотонность железистых кварцитов. В.И.Старостин и Г.А.Пельмский [20], специально исследовавшие эту проблему, показали, что во многих участках содержания Au n 0,1—1,0 г/т, т.е. приближаются к промышленным. Н.А.Быховер [2] оценил общие мировые ресурсы железа в железистых кварцитах в 3 трлн.т при средних содержаниях 28%. Объемы руд, таким образом, составляют около 11 трлн.т. Если принять условное среднее содержание Au 0,01 г/т, ресурсы золота в железистых кварцитах составляют около 110 тыс.т, что примерно сопоставимо со всем добытым в мире золотом.

Судьба концентраций *урана* в связи с биогеनेзом рассмотрена в монографии С.Г.Неручева. Этот автор полагает, что им «обоснована концентрация периодического проявления в истории Земли кратковременных эпох, во время которых оживлялся рифтогенез, проявлялся интенсивный базальтовый вулканизм, накапливались богатые планктонным органическим веществом морские радиоактивные осадки с аномально повышенными концентрациями U, P, S, Fe, Mo, V, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, Ag, Au, As, Ir, Os и редкоземельных элементов (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Yb)» [11, с. 493]. В частности, автор отмечает глобальные циклы рудообразования.

Существуют и весьма эффективные «зримые» свидетельства биогенного концентрирования урана. В пермско-юрских пологозалегающих осадочных тол-

щах плато Колорадо (США), представленных чередующимися песчаниками и глинистыми сланцами, обнаруживаются стволы деревьев, целиком замещенные минералами урана (настуран и уранинит) и ванадия [7].

Месторождения урана вкрапленные и связаны с пластами песчаников, сформировавшихся в условиях, приближенных к континентальным. Носителями же растворенного урана, а также ванадия и небольших количеств свинца и цинка были грунтовые воды, частично подогретые за счет температурного градиента и фильтровавшиеся по захороненным русловым каналам. В палеобассейн, где отлагались песчано-глинистые толщи с большим количеством органики, уран поступал из обрамлявших его более древних плутонических и вулканических пород.

Убедительные данные о роли биогеनेза в формировании месторождений *фосфора* приводит В.Н.Холодов [23]. В разрезе докембрия и фанерозоя он выделил две глобальные эпохи фосфоритообразования — вендско-кембрийскую и мел-палеогеновую. В вендско-кембрийское время широко распространены пластовые и пластово-линзовидные залежи фосфоритов, переслаивающиеся с карбонатными, а также с кремнистыми и кремнисто-глинистыми породами. Для этих образований типичны строматолитовые макротекстуры и постоянное присутствие окремненных и органогенных микрофоссилий. Фосфатные залежи обычно ассоциируются с железомарганцевыми рудами, углеродсодержащими черными сланцами и фтанитами, содержащими повышенные количества V, U, Co, Ni, Ti, Cr, Mo, Se, Re и других металлов, а также пластовыми доломитами.

Массовое фосфоритообразование в меловое и палеогеновое время выразилось в формировании зернистых и желваковых фосфоритов. Мелкие рассеянные зерна фосфоритов размером 1—10 мм, заключенные в карбонатном и глинистом материале, сопровождаются фосфатизированными зубами акул, губками, раковинами пелеципод и гастропод, а также их обломками. Фосфориты ассоциируются с карбонатными отложениями, оолитовыми железняками и марганцевыми карбонатными рудами.

При поступлении фосфора с речными стоками в морские бассейны огромную роль, как отмечает В.Н.Холодов, приобретает биос. Многие планктонные организмы, в т.ч. диатомеи, способны извлекать фосфор даже из силикатной взвеси. В эстуариях рек, на границе река—море, количество извлекаемого планктоном фосфора в 15 раз превышает количество привносимого растворенного фосфора. Фосфор, накопленный планктоном, позднее вступает в трофические цепи морского биоса. На стадии диагенеза микробиологические реакции в верхней части полужидких илов, захороняемых на дне морских бассейнов, способствовали развитию процессов сульфат-редукции, концентрации H_2S и CO_2 в иловых во-

дах, а это приводило к растворению фосфатных взвесей, попавших в осадок и к концентрации растворенного P_2O_5 в поровых водах. В.Н.Холодов обосновывает и «обратное» воздействие поступления фосфора на развитие биогенеза: его «главный биогеохимический вывод» — все важнейшие физиологические функции биосферы, и в первую очередь воспроизводство себе подобных, а также брожение, фотосинтез и аэробное дыхание определяются участием фосфора, без которого осуществление и реализация этих процессов были бы практически невозможными [23, с. 572]. В.Н.Холодов также предполагает, что избыток фосфора в древних морях через механизм воспроизводства мог активно воздействовать на эволюцию биосферы, создавая мутантов и обостряя борьбу за существование. Гибель одних видов и распространение других были, как считает В.Н.Холодов, неизбежным проявлением таких «звездных» эпох эволюции биосферы.

В целом В.Н.Холодов [24] следующим образом формирует содержание гипотезы, названной им *био-генно-диагенетической*:

1. Фосфатные взвеси и растворы в конечные водоемы стока в основном поступают с суши.

2. Планктон концентрирует в себе фосфор, принимает участие в общем кругообороте органического вещества и, захороняясь на дне, фиксирует его в осадке.

3. Микробиологическая сульфат-редукция в илах способствует возникновению H_2S и CO_2 , подкислению иловых растворов и растворению в них огромного количества P_2O_5 . Иловые диагенетические растворы и генетически связанные с ними наддонные сероводородные воды — главные источники фосфора в процессах фосфоритогенеза.

4. Окисление сероводорода и подщелачивание иловых или наддонных сероводородных вод карбонатами — основная причина выпадения фосфора в осадок и образования фосфатных пеллет, зерен и конкреций.

5. Процессы фосфоритообразования зависят от гармонического сочетания действия многих литологических факторов, проявляющихся на стадиях седиментации, диагенеза и катагенеза; дисгармония факторов гасит процессы фосфогенеза.

Интенсивные исследования по поискам нетрадиционных месторождений *элементов платиновой группы* (ЭПГ) позволили получить новые данные о стабильно повышенных концентрациях металлов в глинистых сланцах и углях. Литературных источников по этому вопросу много. Отметим только некоторые, принципиально важные исследования. Так, В.В.Середин и М.Ю.Поваренных [14] установили минералы платины в углях Павловского месторождения (Приморье). Среди них платина самородная, куперит, изоферроплатина и минеральная фаза 62,3% Pb, 22,6% S и 15,1% Sn. Платиноносные угли включа-

ют кластогенный и аутигенный минеральные парагенезисы. Кластогенный парагенезис — кварц, ильменит, циркон и ряд других обломочных минералов; аутигенный — микронные (1—10 мкм) выделения минералов чешуйчатой, почковидной и округлой формы. Среди них барит, фосфаты и фторкарбонаты, формировавшиеся в окислительных условиях, а также сульфиды, самородные металлы и интерметаллиды Fe, Ni, Co, Cu, Zn, Sn, Bi, Ag, Au и Pt, образовавшиеся в восстановленной обстановке. Наиболее широко распространены в углях и ископаемой древесине фромбоидальный пирит, барит и галенит.

Как полагают авторы публикации [16], состав аутигенного парагенезиса платиноносных углей указывает на то, что он формировался в основном из хлоридно-сульфатных вод, поступавших в бассейн на стадии торфонакопления и диагенетических преобразований органического вещества. О сингенетическом характере минерализации может свидетельствовать нахождение минералов платины на значительном (до 1 м) удалении от контактов пластов, куда, учитывая отсутствие деформаций, трудно ожидать проникновения минерализованных вод после завершения процессов углефикации.

В меденосных отложениях цехштейна Нижней Силезии автором работы [29] был выявлен горизонт сланцев мощностью первые сантиметры (иногда до 10 см), характеризующийся металлами группы платины и золота, содержание которых составляет (в г/т): Au 10—3000; Pt 10—370; Pd 10—120 (до 1000). Кроме того, присутствуют (в г/т) Bi 100—2000; Hg 200—1500; Ag 2—1100; Mo 260—4800; V 10—5200. Содержания благородных металлов не зависят от концентрации сульфидов. Н.Куха предполагает, что благородные металлы входили в металлоорганические соединения и высвобождались в самородные формы и арсениды при процессах автоокисления, усиленных -радиацией.

В протерозойских «черных сланцах» Северного Прибайкалья А.С.Яценко с соавторами [25] выявили комплексную геохимическую аномалию Pt, Pd, Au, U, Ni, Cu и Zn, содержания в которой составляет Pt 0,05—0,5 г/т, Pd 0,05—1,0 г/т. Авторы данной публикации по результатам 60 проб глинисто-сланцевых толщ среднеюрского возраста Северного Кавказа установили устойчивые высокие содержания Pd (0,01—1 г/т); в линзах бурых углей и литифицированных древесных остатков Pd 0,4—1,3 г/т; Pt 0,2—0,6 г/т; Rh — 0,03 г/т.

Таким образом, можно достаточно определенно говорить о закономерном концентрировании платины в песчано-глинистых осадках, обогащенных органическим веществом.

Эффекты биогенного концентрирования *золота* были рассмотрены ранее [6]. Весьма эффективные наблюдения выполнил Р.А.Амосов [1]. Он провел массовое электронно-микроскопическое изучение

образцов самородного золота из руд и россыпей и установил многочисленные золотые микрофоссилии, представляющие собой полные псевдоморфозы самородного золота по цианобактериям, диатомовым водорослям и некоторым другим микроорганизмам. В наилучших слабо деформированных образцах в россыпи удается распознать зональное строение с чередованием от периферии к центру: 1) прерывистой зоны массивного сложения; 2) зоны тонковолокнистого строения, в которых золотые трихомы вытянуты в радиальном направлении; 3) ядра, в которых золотые индивиды имеют форму кокков и вибрионов. Пробность золота в микрофоссилиях колеблется от 650 до 750, содержание ртути изменяется от 7 до 17%, увеличиваясь в местах взаимного соприкосновения нитей. Причины пропуска биогенного золота заключаются в отсутствии систематического изучения и в высокой диффузионной подвижности золота в твердом состоянии. При последующем метаморфизме биогенные формы легко трансформируются в обычные кристаллические.

Как предполагает автор работы [1], золотая литификация микроорганизмов, возможно, является защитой от ионизирующих излучений, поскольку золото характеризуется большим радиусом захвата нейтронов. Кроме того, золото весьма эффективный поглотитель ртути — одного из наиболее токсичных элементов, в связи с чем следует обратить внимание на постоянное присутствие ртути в биогенном золоте.

Н.Г.Куимова [9] обобщила результаты многолетних экспериментальных исследований по аккумуляции и кристаллизации золота бактериями и микроскопическими грибами. Она установила, что наиболее активными биосорбентами являются грамположительные бактерии рода *Bacillus*, а среди грибов — представители рода *Penicillium*. В результате биосорбции происходят восстановление ионной формы золота и дальнейшая иммобилизация его на биомассе. В процессе кристаллизации образуются пластинчатые кристаллы золота и колломорфные пленки. Процесс кристаллизации коллоидного золота носит полистадийный характер:

биосорбция — быстрый процесс связывания металла клеточной стенкой. На этой стадии образуются координационные связи частиц коллоидного золота с функциональными группами структурных компонентов клеточной стенки;

медленный процесс конденсации металла в центрах кристаллизации, в результате чего образуются ажурные, сетчатые структуры золота на поверхности мицелия;

трансформация полученных золотоорганических структур и дальнейшая кристаллизация, способствующие постепенному освобождению золота от биофильных элементов и образованию рыхлых губчатых агрегатов биогенного золота.

Устойчивая ассоциация месторождений золота с углисто-терригенными толщами особенно четко прослеживается вдоль западной окраины американской части Тихоокеанского пояса (пояс Аляско-Джуно на Аляске и Мазер Лоуд в Калифорнии), где развиты толщи аспидной формации.

Возможно, эта толща простирается к западу, на территорию Чукотки и в ней локализовано крупное Майское месторождение. В пределах рудного узла (рис. 1) А.А.Сидорову [19] удалось показать элементы корреляции золота и органического углерода в рудах с низким содержанием кремнезема и полное исчезновение корреляции в окварцованных породах (рис. 2). Устойчивая связь месторождений золота с турбидитовой формацией установлена для ряда регионов, в т.ч. она детально изучалась авторами в Южном Верхоянье, где развиты стратиформные залежи золотокварцевых руд. Для вмещающих ритмичных песчано-алевролит-сланцевых толщ содержание золота в 2—5 раз выше фоновых. Такие же тенденции хорошо видны и в пределах пермских терригенных толщ Колымского региона (см. таблицу). Гидротермально-осадочная модель формирования месторождений предполагает поступление части золотосодержащих гидротерм в воды придонной части морского бассейна и биогенное концентрирование золота.

Ф.Д.Овчаренко с соавторами [12] разработали гипотезу биоминерализации, которая предполагает аккумуляцию микроорганизмами коллоидного золота, поставляемого в морской бассейн гидротермальными растворами и обогащение ими реликтовых осадков. Моделирование биогеохимических систем организм—металл и процессов эволюции тонкодисперсного золота в осадке происходило на клетках *Bacillus subtilis*, а также споровых культурах, выделенных из природных взве-

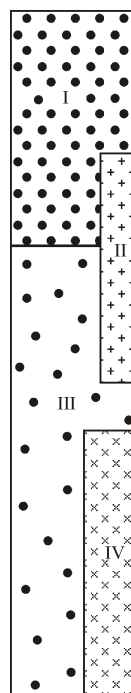


Рис. 1. Схема ярусного оруденения в зоне сульфидизации черносланцевых толщ триаса Майского рудного района (Чукотка):

I — эпитермальный ярус (золотосеребряные, сурьмяные сурьмяно-ртутные и ртутные месторождения); II — порфировая зона (олово-серебро- и золотомедно-молибденовые и медно-порфировые месторождения); III — мезотермальный ярус (золотокварцевые, сурьмяные и ртутные месторождения); IV — зона гипабиссальных интрузий (касситерит-кварц-силикатные, золоторедкометалльные месторождения)

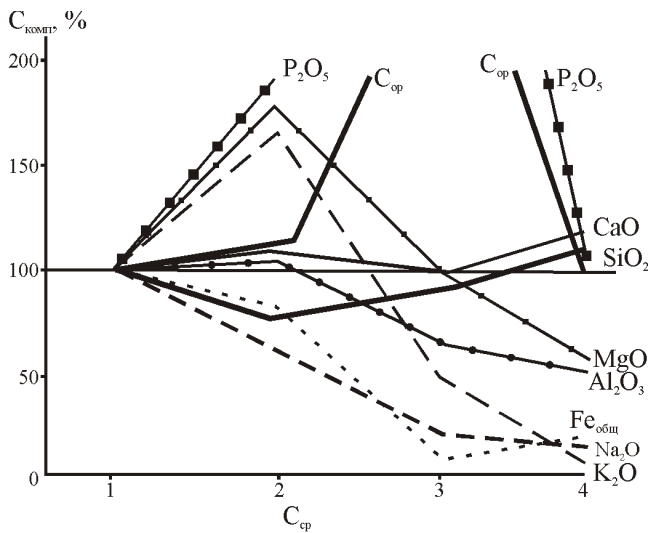


Рис. 2. Изменения химического состава глинистых сланцев и алевролитов в золотоносной зоне сульфидизации Майского месторождения (Чукотка):

ось $C_{ср}$: 1 — слабосульфидизированный алевролит, 12 г/т; 2 — алевролит из зоны смятия и тонкой сульфидизации, 10 г/т; 3 — глинистый сланец с гнездами углистого вещества, 10—20 г/т; 4 — окварцованная и сульфидизированная порода до 100 г/т; $C_{компл}$ — содержание компонентов относительно исходной породы (100%)

сей в морской бухте с известными металлоносными осадками. Исследования показали, что живые клетки обладают способностью к различным последовательным взаимодействиям с золотом, которые включают притяжение коллоидных частиц к поверхности клетки, прикрепление их агрегатов, последующие растворение, перекристаллизацию и формирование более крупных частиц. С течением времени поверхность клетки освобождается от дисперсных частиц двумя путями: 1) в ассоциациях клеток происходит дополнительное стягивание частиц в места контакта, сопровождающиеся их укрупнением; 2) для одиночных клеток более характерно увеличение размера частиц без предварительного агрегирования. При длительном контакте на поверхности одиночных клеток и в их ассоциациях образуются крупные частицы металла, представляющие собой изометричные или дендритовидные кристаллы.

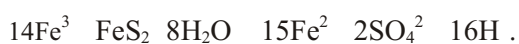
В целом намечаются два основных способа биогенного концентрирования золота: бактериальный метаболизм и замещение водорослей и растительных остатков. Детальные исследования процессов растворения и миграции золота в почвах, выполненных авторами публикации [30], позволили установить, что оба эффекта биоконцентрирования задействованы в единой системе. Микробы почв поглощают Au около 95% растворенного в форме $AuCl_4$. Формируются золотосодержащие аминокислоты, из которых со временем золото высвобождается и сорбируется твердыми частицами почвы.

Биогенное концентрирование *меди, свинца и цинка* установлено в ряде детальных исследований. Так, авторы работы [27] привели геологические и микробиологические исследования образцов вод и минералов медно-порфирового месторождения Моренси в штате Аризона (США), которые показали, что окис-

Положение золотоносности (с крупнейшими месторождениями Омчакского рудного узла), унаследованное стратиграфической свитой Аян-Юрского антиклинального поднятия (Северо-Восток России)

Мощность, м	Описание пермских черносланцевых толщ и эпигенетических образований
300—400	Аргиллиты, алевролиты и песчаники темно-серого (до черного) цвета с умеренными зеленосланцевыми изменениями и <i>золото кварцевыми жилами</i>
250—400	Тонкопереслаивающиеся аргиллиты и алевролиты с зеленосланцевыми изменениями и <i>золото кварцевыми жилами</i>
350—500	Углистые аргиллиты с прослоями песчаников и алевролитов с зеленосланцевыми изменениями и <i>золото кварцевыми прожилками</i>
800	Флишоидная пачка аргиллитов и алевролитов с зеленосланцевыми изменениями, <i>пиритизацией и золото кварцевыми жилами и прожилками; поздние кварцевые жилы с адуляром и золотосеребряной минерализацией</i>
350—400	Флишоидная пачка песчаников, аргиллитов и алевролитов с зеленосланцевыми изменениями и <i>золото кварцевыми прожилками</i>
400	Флишоидная пачка песчаников и алевролитов с зеленосланцевыми изменениями и <i>золото кварцевыми жилами</i>
350—600	Диамиктиты, туфогенные глинистые сланцы и аргиллитовые гравеллиты с зонами углеродистых метасоматитов и золотоносной пиритизацией, платиноидной минерализацией, <i>золото кварцевыми жилами (Омчакский узел), с нижнемеловыми гранитоидными массивами и олово-урановым оруденением (Бутыгычаг)</i>
600	Тонкопереслаивающиеся глинистые сланцы с зонами золотоносной пиритизации и <i>золото кварцевыми жилами и прожилками</i>
900	Углисто-глинистые сланцы с зонами золотоносной пиритизации и редкими кварцевыми <i>золото кварцевыми жилами</i>
1100	Глинистые сланцы с пачками известковистых песчаников с кварцевыми и карбонатными <i>жилами и прожилками</i>

ляющие железо бактерии (*thiobacilli*) и сульфат-редуцирующие бактерии участвуют в выщелачивании и, частично, обогащении медью зоны гипергенеза. Зона выщелачивания (Cu 0,06% и S 0,06%) имеет мощность 200 м, перекрываемая зона обогащения (Cu 0,42% и S 0,39%) — 180 м. Образцы из зоны выветривания содержат большое количество *thiobacilli*, интенсивно размножающихся в период дождей, их популяции достигают 10^7 бактерий на 1 мм в близких к нейтральным условиям pH. В засушливые периоды эта популяция резко уменьшается. При этом происходит растворение сульфидов и их переход в сульфаты (халькантит). Ежегодно на изученном участке площадью около 1,5 км² продуцируется несколько килограмм бактерий, способных выщелачивать Cu от 0,14 до 0,87 т ежегодно, что существенно ускоряет во времени весь процесс окисления, происходящий по реакциям:



Биогенное концентрирование свинца и цинка охарактеризовано М.М.Константиновым в сводной работе [4], где он установил широкое развитие галенита и сфалерита в бурогольных бассейнах Подмосквонной котловины. Так, на Волгинском угольном месторождении галенит был встречен в угле в виде мельчайшей рассеянной вкрапленности и в форме тончайших пластинок в трещинках, а также в виде агрегатов более крупных кристаллов в центральных частях округлых пиритовых стяжений и пиритизированных стволах растений. В последнем случае отмечается и сфалерит, содержащий Fe 1% и Cd около 0,1%. Галенит выполняет аналогично пириту ядра клетчатки, в то время как сфалерит, как правило, замещает вещество, облекающее эти ядра и создающие сетку фюзена. В ряде случаев галенит отмечен внутри микроспор. Наряду с более ранними выделениями галенита и сфалерита такого типа, они наблюдаются также в виде тончайших мелких прожилков, секущих более ранние выделения. Наличие этих прожилков, по мнению М.М.Константинова, свидетельствует о более поздней перегруппировке вещества пиритовых конкреций. Сопоставление содержаний свинца в концентрациях Волгинского месторождения с содержанием вмещающего угля показывает концентрацию его в 50—100 раз большую, чем во вмещающем угле, что вскрывает наличие достаточно широких процессов перемещения металлов при диагенезе.

Максимальные концентрации **молибдена и вольфрама** в углях, горючих сланцах и углеродисто-кремнистых образованиях в сотни и тысячи раз превышают кларковые. При этом отмечаются следующие закономерности [3]:

1. Максимальные содержания нередко приурочены не к залежам углей, а к песчано-глинистым отложе-

ниям угленосных формаций, обогащенных органическим веществом.

2. Наиболее высокие концентрации элементов обычно наблюдаются в слабометаморфизованных бурых углях.

3. Молибден обнаруживает устойчивую геохимическую ассоциацию с ванадием, а вольфрам — с золотом.

4. Выделяется планетарная венд-кембрийская эпоха образования углеродисто-кремнисто-сланцевых формаций, перспективных на выявление молибден-ванадиевых и вольфрамовых месторождений.

5. Периоды максимального концентрирования вольфрама и молибдена в углеродистых толщах включают: 1) поздний архей—ранний протерозой (AR₂—PR₁); 2) поздний протерозой—кембрий (PR₂—C); 3) ранний палеозой (PZ₁, преимущественно O—S); 4) средний палеозой (PZ₂); 5) четвертичный (Q).

В подтверждение своего положения о существовании глобальной эпохи биогенной концентрации молибдена в раннем палеозое В.К.Денисенко с соавторами указывают на то, что в Западной Европе широко развиты нижнепалеозойские (V—C и O—S) ванадиеносные черные сланцы и фтаниты с повышенными концентрациями молибдена. В указанных отложениях северо-восточной части Верхнесилезского угольного бассейна Польши выявлено молибденное оруденение стратиформного типа.

Молибденоносные сланцы развиты в геосинклинальных отложениях среднеордовикско-раннесилурийского возраста, слагающих складчатый фундамент мезозойского платформенного чехла. В металлогеническом отношении рассматриваемый район характеризуется проявлением разнотипной минерализации (пиритово-медной, молибденовой и медно-молибденовой порфировой, свинцово-цинковой и др.), развитой на многих участках (Мышков, Мжиглод, Заверче, Пилица, Долина Бендковска). Наибольшие концентрации молибдена установлены в районах Мышкова и Мжиглода. При этом молибденовая минерализация развивается как в метаморфических сланцах, так и в прорывающих их гранитоидных порфириновых интрузивах.

Рудовмещающая толща пород представлена чередованием биотит-кварцевых, биотит-хлоритовых с полевым шпатом и эпидотом метапелитов и металевролитов. Отложения регионально метаморфизованы в период каледонской складчатости в зеленосланцевой фации (хлоритовая и биотитовая субфации). В кровле они ограничены интрузией риодацитового порфира, а в подошве — интрузией микрогранитового порфира.

Молибденное оруденение преимущественно локализовано в пачке черных кремнисто-илистых пелитовых сланцев мощностью в несколько сотен метров. В пределах этой пачки выделяются продуктивные го-

ризонты с содержанием Mo до 0,19 и Cu до 0,6%. В отдельных случаях фиксируются также Zn до 0,05%, Pb до 0,04%, W до 0,1% WO₃. Молибденит в виде рассеянной вкрапленности с размерами зерен от ультрамикроскопических до 0,4 мм развит по всей толще пелитовых сланцев. Его содержание выше в пелитах, чем в алевролитах. Помимо рассеянной вкрапленности он часто присутствует и в секущих кварц-карбонатных и кварц-полевошпатовых прожилках. Из других рудных минералов в сланцах содержатся халькопирит и пирит, а также в незначительных количествах сфалерит, галенит, шеелит, магнетит, сфен, рутил.

Гидротермальные изменения пород выражаются в калишпатизации, хлоритизации, серицитизации и карбонатизации, из которых наиболее интенсивно проявлены процессы калишпатизации. Измененные породы характеризуются интенсивным развитием прожилков, состав которых соответствует составу вмещающего их субстрата. В измененных породах содержания молибдена и меди резко уменьшаются, вплоть до почти полного отсутствия.

По их же данным близкая с охарактеризованным районом геологическая ситуация проявления стратиформной молибденовой и сопутствующей минерализации отмечается в штатах Иллинойс и Индиана (США), где в черных сланцах карбонового возраста установлены повышенные содержания (указаны средние значения в %) Mo 0,1; Zn 0,9; Pb 0,03; Se 0,02; Cu 0,4; Ni 0,04; W 0,06 и др. Предполагается накопление максимальных концентраций Mo до 0,25% и V до 1,0% в органогенном материале. Относительное постоянство содержаний рудных элементов в прибрежно-морских отложениях, развитых на значительных площадях (несколько сотен квадратных километров), проявление зональности в их распределении по отношению к палеобереговой линии и другие признаки позволяют связывать накопление металлов с сингенетическими или раннедиагенетическими процессами.

Однако наибольшее практическое значение имеют концентрации молибдена в Южном Китае, где в раннекембрийских черносланцевых толщах выявлен ряд объектов, на которых осуществляется промышленная отработка комплексных руд, содержащих Mo, Pd, Ni и ряд других компонентов. Средние содержания металлов в концентрате (в %): Mo 4; Ni 4; Zn 2; (в г/т): Au 0,7; Ag 50; Pt 0,3; Pd 9,4; Ir 0,03. Оруденение приурочено к нижнекембрийской флишоидной черносланцевой толще чехла Южно-Китайской платформы, которая фиксирует протерозой-кембрийское несогласие [26], а также к базальным горизонтам, перекрывающим погребенную рифтогенную структуру. Рудовмещающие толщи прослежены в целом на 2000 м, однако в их пределах минерализация локализована в рудоносном горизонте мощностью около 10 м. Он представлен чередованием слоев, обогащен-

ных сульфидами, фосфатных черных сланцев с карбонатными концентрациями, углеродистыми аргиллитами и мелкозернистыми песчаниками. Рудные минералы представлены пиритом, миллеритом, бравоитом, герсдорфитом, молибденитом и халькопиритом. Редко отмечаются пентландит, теннантит и виоларит.

На месторождениях *ртути* широко проявлено органическое вещество. Как отмечают Н.А.Озерова с соавторами [14], на ртутных месторождениях Калифорнии (впоследствии было доказано, что они являются комплексными золотортутными) характерна тесная ассоциация ртути с жидкими, твердыми и газообразными битумами, включая нефть, углеводороды и твердые битумы из семейства асфальтидов. На одном из месторождений установлены жильные образования, состоящие из сферических скорлупок опала, заполненных нефтью с газовыми пузырьками, внутри которых иногда устанавливается киноварь. На юго-восточном продолжении ртутного пояса Калифорнии в природном газе и нефтях выявлена самородная ртуть.

Н.А.Озерова и другие исследователи, детально изучив современные термальные источники Камчатки, установили отложение киновари на водорослевых скоплениях. Так, в грифоне Апанельских источников киноварь образуется на колониях водорослей. Изотопный состав серы в киновари равен 9,6%, тогда как в сульфате термальных вод 11,7%. Разница в 20% между составом сульфатной и сульфидной серы соответствует разделению в процессе бактериального восстановления сульфата при помощи органических веществ. Грифоны избобилуют остатками растительности, а в самих растворах обнаружено высокое содержание органического вещества (72 мг/л).

Н.Д.Турдукеев [21] выделяет в Южном Тяньшане специализированную на ртутное оруденение слабоуглеродистую — карбонатную семиаридную (известняково-доломитовую битуминозную) формацию (D₂₋₃—C₁). Формация распространяется с небольшим перерывом в виде широтной, выдержанной по мощности полосы на всем протяжении северных склонов Туркестано-Алайской горной системы. Состоит из доломитизированных известняков и преобладающих доломитов (нередко высокобитуминозных, искристо-темно-серых до черных) с незначительным участием терригенных пород. Общая мощность этих отложений достигает 2500—3000 м. К этой формации приурочено подавляющее большинство ртутных месторождений и рудопроявлений. Выделяется три стратифицированных рудоносных уровня. Ртутная минерализация контролируется ритмолитологическими, фациально-геохимическими и палеогеографическими факторами. Типоморфные элементы формации — Hg, Se, Mg, Ca, Sr, Ba, F. Содержание C_{орг} 0,2—3,8%. Рудоносные составляющие формации образовались в достаточно восстановленных зонах морского мелководья. Геохимический фон Hg до

30 кларков и выше. Отдельные узко стратифицированные горизонты битуминозных магнезиально-карбонатных пород (амфипоровые, «збровидные» и черные искристые доломиты) формации характеризуются аномально повышенными концентрациями Hg ($n \cdot 10^2$ — $n \cdot 10^3\%$).

Проведенный авторами настоящей статьи лаконичный и далеко не полный обзор материалов позволяет высказать некоторые соображения общего порядка:

1. Области биогенного концентрирования металлов далеко не ограничиваются «углеродистой формацией». Они включают турбидитовую формацию континентального склона, формирующуюся в надрифтовых зонах, глинисто-карбонатную формацию шельфовой зоны континентов («пассивной континентальной окраины»); формацию органогенных доломитов и известняков мелководных морских бассейнов и лагун; континентальные, в т.ч. угленосные молассы, аспидные сланцы троговых прогибов.

2. Агентами концентрирования являются бактериальные сообщества, водорослевые скопления и генерируемые ими гуминовые кислоты, древесные и другие растительные остатки, кремнистые организмы, биогермы, битумы, и асфальтиты. Ж.С.Левенталь [30] суммирует металлоконцентрирующее воздействие органического вещества следующим образом: 1) концентрация металлов путем ионного обмена или хелатообразования; 2) восстановление металлов в нерастворимые формы путем окисления спиртов (гидроксильные группы) до альдегидов; 3) бактериальное (при $t \ 90 \text{ C}$) или небактериальное (при $t \ 100 \text{ C}$) восстановление сульфатов до сульфидов за счет окисления органического вещества.

3. Время начала процессов биогенеза и биогенного концентрирования металлов близко к оценкам возраста Земли.

Все новые исследования подтверждают справедливость высказывания В.И.Вернадского о том, что в данных современной минералогии мы не имеем ни одного факта, который бы указывал на изменение в составе атмосферы в ее современном состоянии, поэтому мы можем считать, что в пределах геологических эпох состав воздуха был в общих чертах тем, каким мы его наблюдаем ныне.

На фоне общей «космической» длительности процесса биогенеза и рудоконцентрирования несомненна его цикличность, отмечаемая многими исследователями. Особенно интересно, что за глобальными циклами биогенеза и синхронного рудогенеза следует глобальные циклы магматизма и рудообразования. Один из наиболее крупных циклов биогенеза связан с ранним палеозоем, а глобальный цикл магматизма — с верхним палеозоем (C_3 - P_1). Другой подобный цикл намечается в мезозое: триас аккумулирует многие крупнообъемные месторождения свинцово-цинковых и благороднометалльных руд, сопряженных с

биогенезом, а в позднем мезозое (J_3 — K_2) — гидротермальные месторождения. Взаимосвязь циклов стратиформного рудообразования вольфрама и его постмагматических месторождений представлена В.К.Денисенко с соавторами (рис. 3). Смена циклов биоконцентрирования металлов и магматизма, возможно, является одной из фундаментальных закономерностей развития Земли, обоснование которой возможно только на основе широкого синтеза тектоники, магматизма, литологии, исторической геологии и других областей знаний.

4. Биогенные концентрации металлов приобретают все большее значение как непосредственные объекты промышленного освоения.

В связи со стремительным ростом цены на золото и элементы платиновой группы, последнее особенно актуально для этих металлов, в связи с чем реально не только выявление новых объектов с рассеянным золотом, но и переоценка ранее неосвоенных месторождений в старых горнорудных районах.

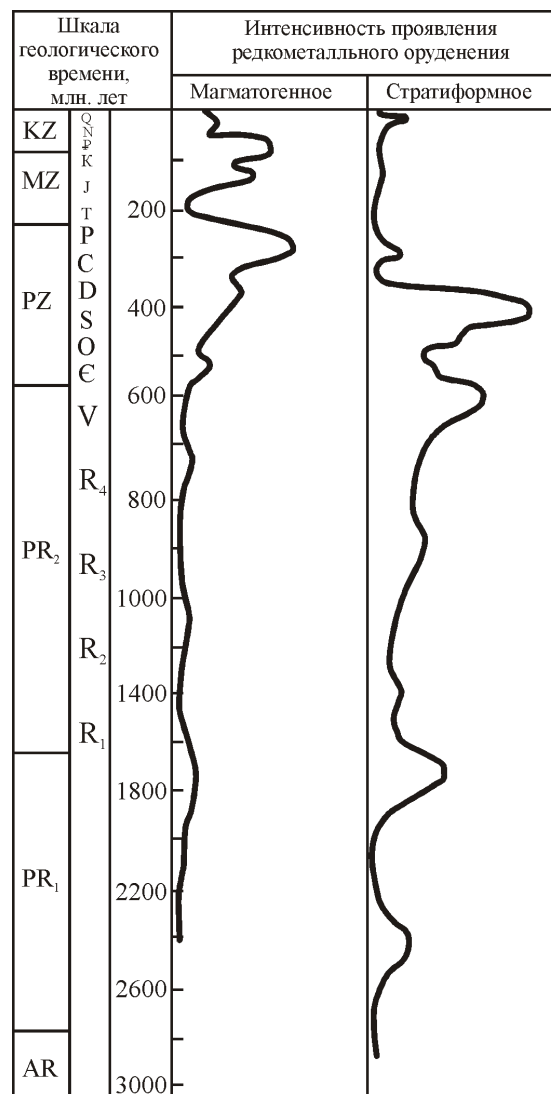


Рис. 3. Схема проявления редкометалльного оруденения [3]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосов Р.А. Золотые микрофоссилии // Руды и металлы. 1993. № 3—6. С. 101—107.
2. Быховер Н.А. Распределение мировых ресурсов минерального сырья по эпохам рудообразования. —М.: Недра, 1984.
3. Денисенко В.К., Лобков В.Л., Гапошин И.Г. и др. Стратиформные редкометалльные месторождения. —М.: Недра, 1986.
4. Дж.Л.Ла-Берж. О биогенном происхождении докембрийских железорудных формаций / Докембрийские железорудные формации мира. —М.: Мир, 1975. С. 248—262.
5. Константинов М.М. Экзогенные сульфиды свинца и цинка // Вопросы минералогии осадочных образований. —Львов, 1954. С. 32—48.
6. Константинов М.М. Золоторудные провинции мира. —М.: Научный мир, 2006.
7. Константинов М.М., Куликова Е.Я. Урановые провинции. —М.: Атомная энергия, 1960.
8. Кошевой В.В., Райзенман Ф.М. Микроорганизмы в архейских графитовых породах Алданского щита // Изв. вузов. 1989. Геология и разведка. № 6. С. 18—24.
9. Куимова Н.Г. Аккумуляция и кристаллизация золота микроорганизмами. —Владивосток: Дальнаука, 2004.
10. Неручев Г.Г. Уран и жизнь в истории Земли. —Л.: Недра, 1982.
11. Неручев С.Г. Периодичность крупных геологических и биологических событий фанерозоя // Геология и геофизика. 1999. № 4. С. 493—512.
12. Овчаренко Ф.Д., Ульберг З.Р., Гарбар С.В. и др. Механизм биогенного формирования аутигенных включений золота в тонкодисперсных осадках // Докл. АН СССР. 1985. Т. 283. № 3. С. 711—713.
13. Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. —М.: Недра, 1988.
14. Озерова Н.А., Лебедев Л.М., Виноградов В.Н. и др. Некоторые минералого-геохимические особенности современного ртутно-сурьмяного рудообразования // Очерки геохимии отдельных элементов. —М.: Наука, 1973. С. 50—93.
15. Резанов И.А. Эволюция представлений о земной коре. —М.: Наука, 2022.
16. Середин В.В., Поваренных М.Ю. Первая находка минералов платины в углях // Докл. РАН. 1995. Т. 342. № 6. С. 801—803.
17. Сидоров А.А. О золотоносности углеродистых метасоматитов // Докл. РАН. 2001. Т. 378. № 2. С. 218—220.
18. Сидоров А.А., Томсон И.Н. О рудоносности черносланцевых толщ / Дегазация Земли: Геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. Материалы Международ. конф. памяти П.Н.Кропоткина. 20—24 мая 2002. —М.: Геос, 2002. С. 246—249.
19. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Рудоносность черносланцевых толщ: сближение альтернативных концепций // Вест. РАН. 2000. Т. 70. № 8. С. 719—724.
20. Старостин В.И., Пельмский Г.А., Леоненко Е.И., Сакил Д.Р. Золото в месторождениях железистых кварцитов Восточно-Европейской платформы // Изв. РАЕН. Науки о Земле. —М., 2006.
21. Турдукеев И.Д. Углеродистые формации Туркестано-Алайской структурно-формационной зоны и перспективы их рудоносности / Стратиформные месторождения цветных и редких металлов в черносланцевых формациях. —Фрунзе, 1981.
22. Холодов В.Н. Осадочный рудогенез и металлогения ванадия. —М.: Наука, 1973.
23. Холодов В.Н. Эпохи фосфоритообразования и биогеохимия фосфора // Литология и полезные ископаемые. 1947. № 6. С. 563—576.
24. Холодов В.Н. Фазовые превращения фосфатов в осадочном процессе и генезис фосфоритов // Геология рудных месторождений. Т. 46. № 3. 2004. С. 253—270.
25. Яценко А.С., Миронов А.Г., Куликов А.А. и др. Геолого-структурные закономерности распределения золота и платиноидов в черных сланцах Котерского синклинория (Северное Прибайкалье) // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 3. С. 15—24.
26. Chen Nanshenf and Raymond M. Ores in Metal-Rich Shale of Southern China // US Geol. Surv. Circ. №1037. 1989. P. 7—8.
27. Enders M. Stephen, Chris Knickerbocker et al. The Role of Bacteria in the Supergene Environment of the Morenci Porphyry Copper Deposit, Greenlee County, Arizona // Econ. Geol. Vol. 101. 2006. P. 59—70.
28. Hutchinson R.W., Viljoen R.P. Re-evaluation of gold source in Witwatersrand ores // S. Afr. Geol. 1988. 91(2). P. 157—173.
29. Kucha Henryk. Precious metal bearing shale from Zechstein copper deposits, Lower Silisia, Poland // Trans. Inst. Mining and Met. 1983. B 92. May. 72—79.
30. Leventhal J.S. Roles of organic matter in ore deposits. Organic and ore deposits // Procal. Denver region exploration geol. soc. Symposium. 1986. P. 7—20.
31. Reith F., McPhail D.C. Effect of resident microbiota on the solubilization of the gold in soil from the Tomakin Park Gold Mine, New South Wales, Australia // Geochemica et Cosmochimica Acta 70 (2006). P. 1421—1438.

Оценка возможности воспроизводства запасов твердых полезных ископаемых за счет прогнозных ресурсов

А.И.КРИВЦОВ, Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ, В.И.КОЧНЕВ-ПЕРВУХОВ, В.И.ЛОБАЧ (ЦНИГРИ)

Сбалансированный долгосрочный прогноз воспроизводства минерально-сырьевой базы, добычи и потребления полезных ископаемых основывается прежде всего на геолого-экономических перспективах территорий, выражаемых количеством и качеством прогнозных ресурсов и запасов. Такое понимание сбалансированного развития минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых заложено в системе мероприятий «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья» (2005) с учетом специфики каждого из полезных ископаемых или их групп.

За прошедшие 15 лет действия закона «О недрах» и «Положения о лицензировании пользования недрами» (1992) резервная минерально-сырьевая база твердых полезных ископаемых, созданная до 1990 г., практически исчерпана. Дальнейшее создание и укрепление сырьевых баз горнодобывающих предприятий прямо зависит от результатов работ по геологическому изучению недр, выполняемых как за счет средств федерального бюджета (госзаказ Роснедра), так и внебюджетных источников (программы лицензирования), на площадях и объектах с оцененными прогнозными ресурсами.

Однако в настоящее время легитимный регламент текущего учета и оценки прогнозных ресурсов отсутствует. По завершенным федеральным геологоразведочным работам прогнозные ресурсы принимаются одновременно со сдачей отчетов заказчику, а по внебюджетным — их апробация практически не ведется. Территориальные органы Роснедр вносят в годовые отчеты значения прогнозных ресурсов различной достоверности, включая ожидаемые и авторские оценки, которые, как показал опыт ведения мониторинга прогнозных ресурсов в 2005—2006 гг., обычно существенно завышаются. При мониторинге твердых полезных ископаемых, выполнявшемся до 2006 г. включительно, учтены оценки прогнозных ресурсов на 01.01.2003 г., утвержденные Росгеослужбой, а также прогнозные ресурсы, полученные по завершенным федеральным геологоразведочным работам и прошедшие апробацию в профильных научно-исследовательских институтах, чем обеспечена необходимая легитимность хотя бы части оценок по состоянию на 01.01.2006 г. На последующие годы такие работы не предусмотрены.

В то же время приказом МПР России от 11.12.2006 г. № 278 в соответствии с законом

«О недрах» утверждена актуализированная Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, устанавливающая единые для Российской Федерации принципы классификации этих показателей ценности национальных недр, которая введена в действие с 01.01.2008 г.

Создание и развитие оптимизированной системы оценок и учета прогнозных ресурсов, базирующейся на новой Классификации, необходимо для объективного обоснования федеральных затрат на геологоразведочные работы и повышения эффективности лицензионного недропользования.

Это со всей очевидностью показал опыт составления Долгосрочной программы, в которую включено 40 основных видов твердых полезных ископаемых — черные, цветные, легирующие, благородные металлы, алмазы и неметаллы. Данная программа была разработана в соответствии с «Основами государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования», утвержденными распоряжением Правительства Российской Федерации в 2003 г., и рассматривается как часть системы национальных стратегий, реализующих приоритеты социально-экономического развития страны по обеспечению устойчивого экономического роста, созданию потенциала поступательного развития, повышению уровня отечественной безопасности, в т.ч. минерально-сырьевой.

В контексте общенациональных стратегий мероприятия Долгосрочной программы в перспективе до 2020 г. обеспечивают удовлетворение потребностей страны в важнейшем минеральном сырье для базовых отраслей промышленности путем воспроизводства минерально-сырьевых ресурсов, компенсирующих их добычу на основе комплексного использования недр. В то же время, методика определения совокупной ценности прогнозных ресурсов разных категорий достоверности, их достаточность — недостаточность для реализации долгосрочных программ воспроизводства запасов твердых полезных ископаемых оставалась как бы за рамками геолого-экономических исследований в новых условиях недропользования.

Отечественная система выявления, оценки и учета прогнозных ресурсов, разделяемых на три категории (P_3 , P_2 , P_1) с ростом в этом ряду достоверности оценок и вероятности перевода таких ресурсов в запасы, доказала свою необходимость и действенность при определении и корректировке направлений геологоразведочных работ и затрат на воспроизводство как

минерально-сырьевой базы в целом, так и погашенных запасов.

Весьма важно то обстоятельство, что в соответствии с принципами последовательного приближения и соответствия, реализуемых в геологоразведочном процессе (стадийность геологоразведочных работ) при его вероятностном характере (что выражается в значениях уровней рисков), отечественные категории прогнозных ресурсов «привязаны» к пространственным металлогеническим (минерагеническим) таксонам разных рангов, которые по площадям отличаются друг от друга по крайней мере на порядок. В наиболее общих случаях прогнозные ресурсы категорий эквивалентны: P_3 — возможной рудоносности металлогенических зон; P_2 — потенциальных рудных районов; P_1 — перспективных участков — ожидаемых месторождений.

Вместе с тем реформирование отечественной геологической службы, создание и реализация системы лицензионного недропользования, а также информационный разрыв между разными геологическими поколениями привели к утрате (в значительной степени) адекватного понимания существа и достоверности прогнозных ресурсов разных категорий. Даже в некоторых документах МПР России и Роснедра и ряде изданий геологического профиля фигурируют арифметические суммы ресурсов разных категорий, что абсолютно недопустимо в силу уже указанных принципиальных различий между категориями прогнозных ресурсов.

В практике геологических служб ведущих горнодобывающих стран мира (США, Канада, Австралия) прогнозные ресурсы рассматриваются скорее как запасы разной достоверности, т.е. как «прирезки» и «подвески» к запасам наиболее низких по достоверности категорий (в российской терминологии к категории C_2). В свое время ГКЗ СССР ввело «подвеску» P_1 к блокам запасов категории C_2 в обязательное правило, как бы придав P_1 статус условной категории C_3 . Вследствие этого возникла иллюзия высокой минерально-сырьевой обеспеченности страны, несмотря на то, что «подвески» P_1 ниже глубин отработки месторождений априори определяли принадлежность таких прогнозных ресурсов к пассивным в силу недоступности.

Для оценки эффективности и результативности геологоразведочных работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета, достоверности и ликвидности прогнозных ресурсов были использованы результаты их мониторинга. Апробированные прогнозные ресурсы послужили основой для оперативной корректировки направлений геологоразведочных работ, предусмотренных мероприятиями Долгосрочной программы, а также формирования крупных отечественных проектов по созданию новых и альтернативных сырьевых баз. В современном правовом и организационном поле недропользова-

ния мониторинг прогнозных ресурсов служит одним из основных элементов программно-целевого управления производством геологоразведочных работ для обеспечения текущих и перспективных потребностей страны в минеральном сырье.

Данные мониторинга прогнозных ресурсов были использованы при разработке прогнозных балансов: *прогнозные ресурсы—запасы, запасы—добыча, добыча (производство)—потребление*, а также при создании оптимизированной системы многовариантного прогноза отечественного минерально-сырьевого обеспечения.

Многовариантный прогноз минерально-сырьевого обеспечения позволяет оценить достаточность—недостаточность исходных (апробированных) прогнозных ресурсов и их значений, необходимых для получения текущих и будущих приростов запасов по моделям простого и расширенного воспроизводства. Сравнительный анализ результатов расчета по различным моделям воспроизводства запасов определяет выбор (принятие управленческого решения) оптимального варианта с учетом целесообразности—нецелесообразности федеральных затрат на геологоразведочные работы, их объемов и возможностей выявления необходимых для его реализации прогнозных ресурсов. Этим обеспечивается объективность и обоснованность оперативных и перспективных программ федеральных геологоразведочных работ, подготавливающих поле деятельности для лицензионного недропользования.

Усилившиеся в последние годы процессы глобализации применительно к минерально-сырьевой базе потребовали актуализации принятой в стране системы классификации, оценки и учета прогнозных ресурсов, ее совершенствования в плане максимального приближения к системе ПК ООН и JORC, в которых выделяются выявленные и предполагаемые прогнозные ресурсы, что и реализовано новой Классификацией запасов и прогнозных ресурсов, введенной в действие приказом №278 в соответствии с законом «О недрах» и Положением о МПР России. Эта Классификация с учетом роста мировых цен и тенденций к снижению содержания ряда полезных ископаемых, а также позитивных примеров подготовки к эксплуатации в России крупных золоторудных месторождений с относительно низкими содержаниями требует переоценки прогнозных ресурсов, как утвержденных на 01.01.2003 г., так и выявленных позже, что позволит получить более достоверную картину состояния отечественных прогнозных ресурсов в современных экономических условиях воспроизводства минерально-сырьевой базы и компенсации добычи твердых полезных ископаемых приростами запасов, а также актуализировать ценность такой базы.

Прогнозные ресурсы для разных твердых полезных ископаемых, учтенные в России, существенно различаются по соотношениям категорий, чем и

определяется дифференцированная обеспеченность приростов запасов выявленными прогнозными ресурсами. Поэтому требуется разработка показателей, так или иначе отражающих указанные различия.

При становлении системы оценок учета прогнозных ресурсов В.А.Перваго показал, что достоверность таких ресурсов разных категорий заведомо различна. А.И.Кривцов на основе статистического анализа предложил коэффициенты перевода прогнозных ресурсов в условные запасы категории C_2 , основанные на том, что в ряду категорий прогнозных ресурсов вероятность получения запасов растет от категории P_3 к P_1 . При вероятности получения в этом ряду прогнозных ресурсов последующей категории из предшествующей запасы в условной категории C_2 (УЗ) определяются из выражения:

$$\text{УЗ } 0,125(P_3 \ 2P_2 \ 4P_1), \quad (1)$$

$$\text{а УЗ/ПР } 0,125(aP_3 \ 2bP_2 \ 4cP_1), \quad (2)$$

где a, b, c — доли соответствующих категорий прогнозных ресурсов от их суммы, фиксируют «отход» прогнозных ресурсов в условные запасы.

Уравнение (2) отражает и позволяет учесть реальную ситуацию, в которой полезные ископаемые существенно различаются по структуре прогнозных ресурсов, т.е. по вкладу в условные запасы прогнозных ресурсов разных категорий.

Из реальной практики разведки месторождений твердых полезных ископаемых давно известно, что вероятность перевода запасов категории C_2 , выявленных при оценочных работах, в более высокие категории статистически составляет около 0,5. В связи с этим при оценке обеспеченности возможных приростов запасов категории C_1 выявленными прогнозными ресурсами величины условных запасов должны быть удвоены.

Для оценки надежности и достаточности состояния прогнозных ресурсов с целью получения в будущем приростов запасов (по крайней мере по модели простого воспроизводства) представляется целесообразным использование следующих показателей:

УЗ/ПР — показатель вероятности получения условных запасов из учтенной массы прогнозных ресурсов всех категорий («отход» прогнозных ресурсов в условные запасы), каждая из которых учитывается через долевого вклад в общую сумму;

ПР/З — отношение арифметической суммы прогнозных ресурсов всех категорий ко всем учтенным запасам; этот показатель дает некую количественную меру возможности прироста запасов из прогнозных ресурсов, но не учитывает их достоверность.

При более строгом счете для прогнозных построенных и прогнозные ресурсы, и условные запасы следует нормировать на ожидаемую накопленную добычу или на погашенные запасы.

Мера возможности получения в будущем «новых» запасов, равных исходным, оценивается по соотношению

$$\text{УЗ/З} = \text{УЗ/ПР} \cdot \text{ПР/З}. \quad (3)$$

Результаты анализа по данным мониторинга прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых по состоянию на 01.01.2003 г. отражены на рис. 1, где по значениям величин УЗ/ПР выделены поля статистической вероятности (СВ) перевода прогнозных ресурсов в условные запасы и проведены линии равных УЗ/З. Оптимальным является попадание точек, характеризующих соотношение УЗ, ПР и З полезных ископаемых, в поля умеренной—высокой среднестатистической вероятности «отхода» прогнозных ресурсов в условные запасы, в ту их часть, которая располагается выше (правее) линии УЗ/З 2, соответствующей простому воспроизводству запасов ($C_1 \ 2C_2$). Как видно из рис. 1, практически все полезные ископаемые, показатели которых вынесены на диаграмму, попадают в оптимальные поля вероятности, но находятся левее (ниже) линии УЗ/З 0,5. По величине УЗ/З оптимальной позиции соответствуют только марганец и цирконий, но их точки располагаются в полях умеренной—средней среднестатистической вероятности (прогнозные ресурсы велики, но их достоверность невысока). Для всех остальных

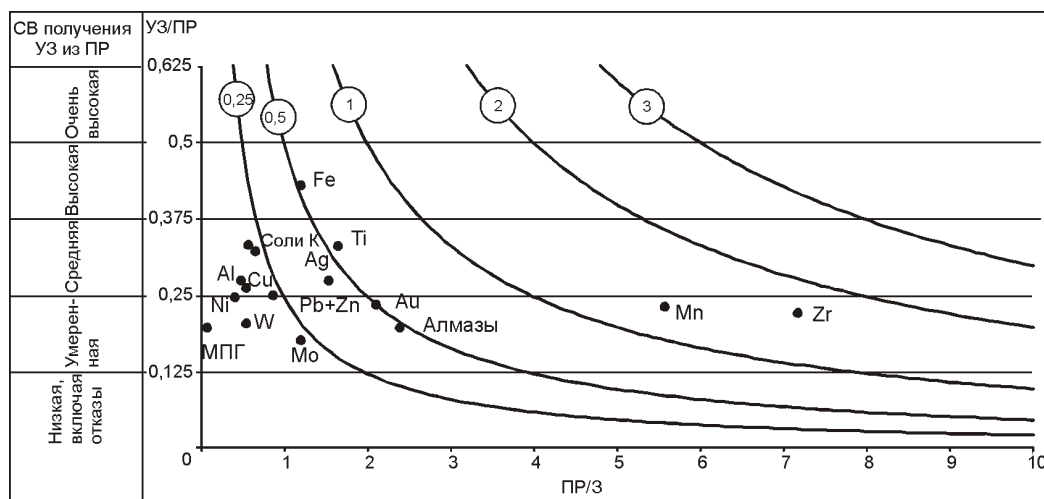


Рис. 1. Соотношение показателей прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых и их запасов по состоянию на 1 января 2003 г.:

УЗ/З — цифры в кружках

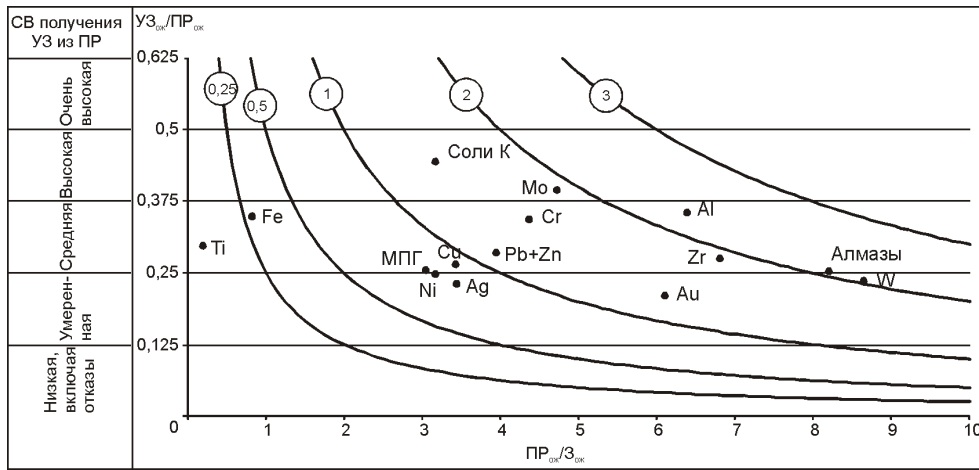


Рис. 2. Соотношения показателей ожидаемых по Долгосрочной программе к 2020 г. прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых и их запасов:

$UZ_{ож}/Z_{ож}$ — цифры в кружках

видов полезных ископаемых, отраженных на диаграмме, устанавливается низкий уровень прогнозных ресурсов, не обеспечивающий необходимый для простого воспроизводства прирост запасов. Из этого можно сделать вывод о том, что для большинства полезных ископаемых, введенных в анализ, необходима интенсификация работ поисковой стадии с целью локализации прогнозных ресурсов высоких уровней достоверности или выявления новых.

Результаты аналогичного анализа по показателям Долгосрочной программы, с той лишь разницей, что использованы не апробированные, а ожидаемые к 2020 г. прогнозных ресурсы ($ПР_{ож}$), и не учтенные, а ожидаемые в результате выполнения мероприятий данной программы, запасы ($З_{ож}$) показаны на рис. 2.

Как видно из рис. 2, для значительно большего числа твердых полезных ископаемых, по сравнению с рис. 1, характеризующим выявленные прогнозных

Пример расчета показателей прогнозируемого минерально-сырьевого обеспечения для одного из видов твердых полезных ископаемых

Показатели	Значения показателей; ед. массы	
<i>Исходные данные</i>		
Добыча на начало периода, M_0	200	
Запасы на начало периода, Z_0	6000	
ПР (в условной кат. C_2) на начало периода, UZ_0	10 000	
Длительность периода, лет, t	15	
Добыча на конец периода, M_t	260	
Накопленная добыча (погашение запасов) за 15 лет; M ($M_0 M_1 \dots M_{15}$)	3500	
<i>Расчет прироста запасов для восполнения их погашения*</i>		
Требуемый прирост запасов, R	3500	
ПР (в условной кат. C_2), использованные для прироста запасов; $UZ_{исп} = 2R$	7000	
Ожидаемое состояние запасов, Z_t	6000	
Остаточные ПР (в условной кат. C_2) после получения прироста запасов; $UZ_{ост} = UZ_0 - UZ_{исп}$	3000	
<i>Расчет прогнозных ресурсов, необходимых для прироста запасов</i>		
	UZ_t, UZ_0	UZ_t, Z_t
Требуемые ПР (в условной кат. C_2) на конец периода UZ_t для будущих приростов запасов	10 000	12 000
Прирост ПР (в условной кат. C_2) по уравнению (6)	7000	9000

*Простое воспроизводство $R = M; Z_t = Z_0$

ресурсы, соотношение $УЗ_{ож}:З_{ож}$ обеспечивает простое воспроизводство запасов или приближается к нему, а достоверность ожидаемых $ПР_{ож}$ повышается, поскольку в Долгосрочной программе учтена необходимость интенсификации работ поисковой и поисково-оценочной стадий. Ожидается достижение простого воспроизводства для молибдена, алюминия (бокситы), циркония, алмазов, вольфрама; приближаются к простому воспроизводству минерально-сырьевые базы руд хрома, солей калия и золота.

Отметим, что прирост условных запасов ($УЗ_{пр}$), возникающий за счет прогнозных ресурсов разных категорий, может быть представлен уравнением

$$УЗ_{пр} = УЗ_t - (УЗ_0 - УЗ_{исп}), \quad (4)$$

где $УЗ_0$ и $УЗ_t$ — условные запасы на начало и конец периода; $УЗ_{исп}$ — условные запасы, переведенные в запасы промышленных категорий (прирост запасов R); $УЗ_0 - УЗ_{исп}$ — остаточные условные запасы (разность).

$$R = З_t - (З_0 - M), \quad (5)$$

где $З_0$ и $З_t$ — запасы промышленных категорий на начало и конец периода; M — накопленная добыча за период времени $0-t$.

Заменяя в уравнении (4) $УЗ_{исп}$ на R с учетом приведенного соотношения категорий запасов $C_1 = 2C_2$, получаем:

$$УЗ_{пр} = УЗ_t - [УЗ_0 - 2(З_t - З_0 - M)], \quad (6)$$

где $УЗ_0$, $З_0$, M — фактические величины, а $УЗ_t$, $З_t$, $УЗ_{пр}$ — расчетные.

Расчет по уравнению (6) для одного из полезных ископаемых приведен в таблице.

Далее, используя модели с различным разбиением долей категорий прогнозных ресурсов, определяется недостаточность или избыток прогнозных ресурсов той или иной категории, что может быть мотивацией для обоснования геологоразведочных работ различных стадий.

Из приведенных материалов следует:

1. Ценность прогнозных ресурсов различных категорий для прироста запасов весьма различна и при планировании геологоразведочных работ нужно стремиться к выявлению и локализации прогнозных ресурсов высоких уровней статистической достоверности.

2. Учет прогнозных ресурсов с низким уровнем статистической достоверности (категория P_3) целесообразен лишь в количествах, достаточных для получения возможных приростов запасов, отвечающих по масштабам месторождениям средней величины, которые могут иметь высокую инвестиционную привлекательность.

3. Необходимо восстановить отечественную практику регулярной переоценки прогнозных ресурсов на федеральном уровне, которая существовала в стране до 2003 г. и позволяла объективно определять состояние минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых и ее ценность, а также вводить соответствующие коррективы в направления геологоразведочных работ. Актуальность таких переоценок обострилась в последние годы в связи со значительным ростом цен на ряд полезных ископаемых, что уже привело к снижению бортовых (граничных) содержаний.

Гидрогеодеформационный мониторинг — основные результаты и перспективы развития

В.С.КРУПОДЕРОВ, Г.В.КУЛИКОВ (ВСЕГИНГЕО), А.В.ЛИПИЛИН (Роснедра)

Землетрясения и связанные с ними вторичные (сейсмогенные) деформации земной поверхности в виде трещинообразования, обвалов, оползней и других геологических явлений представляются наиболее опасными для населения и объектов хозяйственной деятельности. В России более 20 млн. человек (14% населения) постоянно испытывают угрозу разрушительных землетрясений.

В большинстве стран проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного характера рассматриваются как элемент обеспечения национальной безопасности. В Концепции национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 17.12.1997 г. № 1300, отмечается, что защита личности, общества и государства от чрезвычайных ситуаций природного характера и их последствий — важнейшая составляющая национальных интересов России [3].

В настоящее время среди множества методов наблюдений за изменением геодинамической обстановки и оценки сейсмической опасности наиболее оперативным является метод непрерывных наблюдений, основанный на изучении режима подземных вод, формирующегося под воздействием геодинамических процессов в земной коре. Разработке и развитию этого метода послужили результаты комплексных исследований, которые 25 лет назад (1982) были признаны научным открытием (диплом № 273) с формулировкой: явление глобально распространенных быстропротекающих пульсационных изменений в гидрогеосфере, обусловленное ее способностью реагировать на изменения напряженно-деформированного состояния литосферы (гидрогеологический эффект Вартапяна—Куликова). Обнаружена новая разновидность естественного поля — гидрогеодеформационное (ГГД) поле Земли [1].

Гидрогеологический метод, разработанный на основе научного открытия, обеспечивает слежение в режиме реального времени за происходящими изменениями напряженно-деформированного состояния земной коры, за геодинамическими процессами, предваряющими сильные землетрясения. Для организации наблюдений за изменениями геодинамических напряжений в сейсмоопасных регионах бывшего СССР (Россия, Грузия, Армения, Азербайджан, Украина, Молдавия, Казахстан, Туркмения, Киргизия, Узбекистан) в 1985 г. по инициативе и под научным руководством Г.С.Вартапяна были начаты работы по созданию региональной сети гидрогеоде-

формационного мониторинга. Эта сеть включала около 170 наблюдательных пунктов.

В 1998 г. Г.С.Вартапян, А.В.Липилин с соавторами разработали Концепцию создания и эксплуатации системы геодинамического мониторинга для целей прогноза сильных землетрясений [2]. Научные положения этой Концепции и результаты 10—15-летних наблюдений за геодинамическим режимом подземных вод в сейсмоактивных регионах позволили коллективу специалистов под научным руководством Г.С.Вартапяна разработать «Методические указания по ведению ГГД-мониторинга для целей сейсмопрогноза (система R-STEPS)», согласованные с МЧС России и утвержденные МПР России в 2000 г. В Методических указаниях изложены теоретические основы, методические принципы и технология ведения ГГД-мониторинга. Этот нормативный документ обеспечил ведение наблюдений по единой программе и методике во всех сейсмоактивных регионах, определил роль и место ГГД-мониторинга в Федеральной системе сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений. Разработанная технология ГГД-мониторинга была признана патентными службами России, США и других стран, а также патентным ведомством Евросоюза.

Последующий период ведения гидрогеологических наблюдений определился как результатами получения новых знаний о развитии геодинамических процессов в сейсмоактивных регионах на основании выявленных более широких информационных возможностей ГГД-мониторинга, так и заметными потерями, связанными с расчленением единой наблюдательной сети после распада СССР. Недостаток средств, выделяемых на ведение ГГД-мониторинга в России, отразился в несоблюдении нормативных требований Методических указаний. Не выполнялись, прежде всего, регламентные работы, обеспечивающие поддержание наблюдательных пунктов в рабочем состоянии.

В других республиках бывшего СССР ГГД-мониторинг оказался в худшем состоянии. Резко сократилось число наблюдательных пунктов. На Украине в настоящее время ГГД-мониторинг осуществляется всего по 6 наблюдательным пунктам: 4 пункта в Крыму и по одному в Одессе и на о.Змеиный. В Молдавии наблюдения ведутся только по 4 пунктам, расположенным в ее южной и центральной частях. Наблюдательные пункты оборудованы в основном самодельными механическими самописцами [7]. В Грузии осталось только 2 наблюдательных пункта.

Разобшение ранее существовавшей единой региональной сети, прекращение информационного обмена отразилось и на снижении геодинамической информативности ГГД-мониторинга в России. Связано это с тем, что выявленные региональные зоны накопления, транзита и разгрузки сейсмической энергии охватывают обширные территории, выходя за пределы любой из республик, в т.ч. России. Произошедшее разобшение единой сети ГГД-мониторинга лишило возможности целостного охвата наблюдениями за развитием процессов подготовки землетрясений этих энергетически связанных зон.

Так, для непрерывного слежения за развитием процессов подготовки сильного сейсмического события на Северном Кавказе необходима оперативная информация ГГД-мониторинга как по территории Северного Кавказа, так и всего Кавказа. Желательно иметь такую информацию и по прилегающим территориям Ирана и Турции. По Байкальскому и Дальневосточному сейсмоактивным регионам необходима ГГД-информация по смежным приграничным Российско-Монгольским и Российско-Китайским территориям. В Камчатско-Курильско-Сахалинском регионе ГГД-мониторинг, несомненно, будет более эффективным при получении оперативной ГГД-информации по территориям Японии. Как показывает многолетний опыт ведения ГГД-мониторинга, при одновременном охвате наблюдательной сетью ряда смежных геологических структур становится возможным в режиме реального времени получать информацию о сейсмозенергетической связи между ними.

В большинстве случаев трудно установить зоны накопления, транзита и разгрузки сейсмической энергии, так как число наблюдательных пунктов в сейсмоактивных регионах за пределами России очень ограничено. В этих условиях очень сложно или невозможно даже весьма ориентировочно прогнозировать место проявления сейсмического события. Именно поэтому, если по данным ГГД-мониторинга краткосрочный прогноз времени сильных землетрясений ($M \geq 5$) стал реальным, то определение места сейсмического события пока не удастся. Для прогнозирования места землетрясения следует прежде всего иметь наблюдательную сеть, адекватную этой цели. Для выявления и изучения закономерностей формирования региональных зон накопления, транзита и разгрузки сейсмической энергии в пределах крупных геологических структур ГГД-информация о динамике структурных перестроений ГГД-поля на этапах различной сеймотектонической активности должна быть достаточной.

В связи с этим, в 2006 г. Федеральным агентством по недропользованию были начаты работы по организации ГГД-мониторинга на приграничных территориях сейсмоактивных регионов России. В необходимости организации ГГД-мониторинга в пределах приграничных территорий и оперативном информа-

ционном обмене заинтересованы страны СНГ. С такой инициативой в 2007 г. выступила, в частности, сейсмологическая служба Казахстана [6]. Заинтересованность в информационном обмене и методическом обеспечении ГГД-мониторинга проявила и Армения. Специалисты рабочей группы Украины и Молдавии выступили в 2007 г. с инициативой создания наблюдательной сети ГГД-мониторинга в пределах единого Кавказско-Крымско-Карпатского региона [7].

Таким образом, настойчивая потребность в оперативном обмене ГГД-информацией проявляется в ряде стран СНГ. Представляется, что в ближайшие годы будут решены многие вопросы оперативного информационного обмена и ведения ГГД-мониторинга по единой программе.

Приоритетная задача ГГД-мониторинга — дальнейшее совершенствование методов оперативной оценки геодинамического состояния земной коры и прогноза сейсмической опасности. Задача может быть успешно решена только в результате дальнейшего изучения закономерностей формирования геодинамического режима недр в сейсмоактивных регионах, использования автоматизированных систем обработки, анализа первичной информации и создания картографической, оценочно-аналитической основы.

Для повышения геодинамической информативности ГГД-мониторинга как инструментария при оценке сейсмической опасности и прогнозировании сильных землетрясений необходимо:

1. Разработать программу развития наблюдательной сети ГГД-мониторинга и методику размещения наблюдательных пунктов с учетом особенностей геологического строения и гидрогеологических условий территорий в пределах каждого сейсмоактивного региона. Осуществить замену наблюдательных пунктов с низкой геодинамической информативностью на новые пункты, разместив их с учетом особенностей структурно-тектонического строения недр, выявленных сейсмогенерирующих зон, выбора для наблюдения за гидродинамическим режимом водоносных горизонтов, наиболее чувствительных к изменениям геодинамических напряжений. В настоящее время разработаны методы оценки сейсмочувствительности подземных вод в наблюдательных скважинах и утвержден регламент контроля за состоянием наблюдательных скважин.

Как известно, при рассмотрении геологических факторов, контролирующих подготовку землетрясений, выделяются два основных вида геологических процессов: 1) обеспечивающие взаимное смещение литосферных блоков; 2) блокировки границ смежных структурных блоков на различных масштабных уровнях и быстрых изменений параметров среды. Структурные блоки в регионе при сеймотектонических активизациях могут в одни и те же периоды испытывать разные геодинамические напряжения.

Некоторые блоки при этом группируются, находясь примерно в одинаковом напряженно-деформированном состоянии с единым вектором возрастания геодинамических напряжений (напряжения-сжатия), другие в этот период могут оставаться в совершенно ином состоянии, слабо реагируя на сеймотектоническую активизацию региона, или это реагирование проявляется в развитии процессов напряжения-растяжения. Получение такой информации о напряженно-деформированном состоянии отдельных тектонических блоков в регионе в периоды сеймотектонической активизации и формирующихся границах, разделяющих блоки или группы блоков с различными геодинамическими напряжениями, чрезвычайно важно для прогнозирования сейсмической опасности в регионе. Методические принципы размещения наблюдательных пунктов ГГД-мониторинга, учитывающие блоковое строение земной коры, уже разработаны.

2. Разработать и внедрить систему оперативного (дистанционного) съема первичной информации ГГД-мониторинга с наблюдательного пункта и передачи ее в центры обработки и анализа для оценки геодинамического состояния недр в режиме реального времени. Важность внедрения такой системы определяется краткосрочностью прогнозов землетрясений по данным ГГД-мониторинга. Существующие методы съема информации с регистрирующих комплексов требуют обязательного посещения оператором наблюдательного пункта, в связи с чем ГГД-информация в пункты ее анализа поступает с опозданием на 10 дней и более. За этот период может значительно измениться геодинамическая обстановка и произойти сейсмическое событие. Прогнозные возможности ГГД-мониторинга в таких случаях во многом утрачиваются.

Для обеспечения возможности анализа ГГД-информации в режиме реального времени уже начато переоборудование наблюдательных скважин регистрирующими приборами, оснащенными средствами телеметрии, используя мобильную или спутниковую связь. Анализ первичной информации базируется на разработанной автоматизированной системе «Банк данных ГГД-мониторинга», обеспечивающей необходимую оперативность при подготовке картографической основы для оценки напряженно-деформированного состояния земной коры.

3. Разработать систему постоянно действующих гидрогеодеформационных моделей (ПДГД-модели) для оперативной оценки сеймотектонической обстановки. Собственно оценка геодинамической обстановки чрезвычайно сложна и требует надлежащей обоснованности. Для оперативной оценки происходящих изменений геодинамических напряжений в земной коре ГГД-поле содержит обширную информацию. Вместе с тем, ряд еще нерешенных научных и методических задач в значительной степени ограни-

чивает возможность использования ГГД-информации в полном ее объеме для более обоснованной оценки изменений напряженно-деформированного состояния геологической среды в процессе сейсмической активизации. Разработка ПДГД-моделей сейсмоактивных регионов с различными типами геодинамического режима должна быть направлена на более глубокое изучение влияния подземной гидросферы на геодинамические процессы в земной коре. Эти модели должны также базироваться на сопряженном анализе результатов наблюдений за гидрогеодинамическим, газогидрогеохимическим, термодинамическим режимом подземных вод и результатов сейсмологических наблюдений с применением высокочувствительных локальных сетей сейсмических станций, режимных наблюдений электрических и электромагнитных полей.

Методические подходы к выполнению комплексного анализа результатов ГГД-мониторинга и мониторинга геофизических полей на полигонах разработаны для более обоснованной оценки сеймотектонической обстановки.

Известно, что геологическая среда может активно накапливать, перераспределять и выделять энергию. При дополнительном поступлении энергии извне отдельные элементы геологической среды могут достигать состояния неустойчивости и сбрасывать излишек энергии, в свою очередь поглощаемой соседними фрагментами-блоками [4]. Несомненно, ГГД-поле обладает информацией о развивающихся энергетических процессах в земной коре, и задача, требующая решения, заключается в разработке методов ее правильной интерпретации на основе гидрогеодеформационного моделирования геодинамической обстановки в различные периоды сеймотектонической активизации.

Основные различия в динамике структурного перестроения ГГД-поля выявлены для каждого сейсмоактивного региона на различных этапах геодинамической активизации. На этом основании разработаны (в первом приближении) ГГД-модели сейсмоактивных регионов с различными типами геодинамического режима (коллизионный, рифтовый, рифтово-коллизионный и субдукционный). Такие модели дают возможность по характеру структурной перестройки ГГД-поля более достоверно оценивать геодинамическое состояние недр, следить за развитием процессов накопления и разрядки сейсмической энергии и в итоге оценивать степень сейсмической опасности. Предварительно разработанные ГГД-модели позволили изучить некоторые закономерности формирования геодинамических напряжений в различных сейсмоактивных регионах. Поэтому эти модели могут обеспечить также возможность разработки более обоснованной схемы оптимального размещения наблюдательных пунктов ГГД-мониторинга, выбора сейсмически более информативных гидрогеологи-

ческих объектов (водоносных горизонтов) для непрерывного слежения за развитием процессов подготовки сильных землетрясений.

Результаты предварительного моделирования показали, что динамика ГГД-поля на Северном Кавказе в течение длительного периода отражала продолжающуюся стадию накопления сейсмической энергии. Частичная ее разрядка наблюдалась в проявлении многочисленных слабых землетрясений без коренных изменений общего структурного плана ГГД-поля. Незначительные его изменения, прослеживавшиеся до 2005 г., выразились лишь в дальнейшем распространении в пределах Скифской плиты крупной по размерам структуры напряжения-сжатия, сформировавшейся в отрогах Передового хребта. В западных и восточных частях региона образовались небольшие окраинные зоны напряжения-растяжения [5, 8]. *Геодинамическая обстановка характеризовалась проявлением слабой сейсмичности, продолжающейся стадией накопления сейсмической энергии и, соответственно, пассивной динамикой структурных перестроений ГГД-поля.*

В конце 2005 и в 2006 гг. стали наблюдаться более заметные изменения в структурном плане ГГД-поля, несколько активизировалась динамика структурных перестроений. Гидрогеодеформационная модель указывает на то, что активные и более масштабные структурные перестроения ГГД-поля могут начаться лишь при подготовке сейсмического события магнитудой М 6 и более. Следует отметить, что в 2007 г. наблюдалось дальнейшее расширение зон напряжения-растяжения в восточной и западной частях Северного Кавказа, а также продвижение зоны напряжения-сжатия по Ставропольскому поднятию вглубь Скифской плиты. В случае резкой активизации структурной перестройки ГГД-поля можно ожидать проявления сильного сейсмического события.

Для Байкальского региона с рифтовым типом геодинамического режима в последние годы ГГД-модель определялась *очень активной динамикой структурных перестроений ГГД-поля и относительно невысокой сейсмичностью*. Частая смена структурного плана ГГД-поля характерна для краткосрочных периодов накопления и разрядки сейсмической энергии, проявления в основном слабых землетрясений. Гидрогеодеформационное поле Байкальского региона четко реагирует даже на слабые землетрясения (М 3—4), происходящие на территории Северной Монголии и Российско-Монгольской пограничной области. Можно ожидать, что при изменении существующей динамики структурных перестроений ГГД-поля — в условиях формирования устойчивых, длительно сохраняющихся его структур напряжения-растяжения, сейсмические процессы в Байкальском регионе приведут к проявлению сильных землетрясений (М 7 и выше).

Для Дальневосточного региона в пределах позднемезозойских структур с рифтово-коллизийным гео-

динамическим режимом ГГД-модель в последние годы проявлялась медленными структурными перестроениями и относительно невысокой сейсмичностью. Подготовке сильных землетрясений (М 6 и более) здесь должна предшествовать активная структурная перестройка ГГД-поля.

Результаты ГГД-мониторинга в Сахалино-Камчатско-Курильском регионе отражают ГГД-модель субдукционного типа геодинамического режима, которая характеризуется *высокой структурной динамичностью ГГД-поля и высокой сейсмичностью всей территории*. Сильным землетрясениям в этих районах обычно предшествует формирование и более продолжительное существование устойчивых структур напряжений ГГД-поля, т.е. динамичность перестройки ГГД-поля перед сильными землетрясениями становится невысокой.

Приведенные предварительные ГГД-модели дали возможность по характеру структурной перестройки ГГД-поля более обоснованно оценивать геодинамическое состояние недр и, в итоге, степень сейсмической опасности в регионах. Так, в 2005 г. на п-ве Камчатка была объявлена сейсмическая тревога с возможностью проявления до 15 декабря 2005 г. сильного землетрясения (М 7,2). В связи с этим по указанию Федерального агентства по недропользованию стал проводиться оперативный анализ ГГД-информации с представлением Российскому экспертному совету по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (РЭС) и МЧС России ежедекадных геодинамических бюллетеней по Камчатско-Курильскому региону. Краткосрочные прогнозные оценки степени сейсмической опасности, выполняемые в этот период Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО) по данным ГГД-мониторинга (результаты наблюдений оперативно представлялись Камчатским гидроэкоцентром и Сахалинской ГРЭ) с использованием ГГД-модели, в значительной степени снижали социальную напряженность в регионе. Оперативная информация ВСЕГИНГЕО и Геофизической службы РАН позволила РЭС в начале 2006 г. отменить сейсмическую тревогу, объявленную ранее.

4. Разработать новые более информативные критерии оценки геодинамической обстановки и степени сейсмической опасности на ближайшую перспективу по данным ГГД-мониторинга. Эти критерии могут быть разработаны на основе ГГД-моделирования геодинамических процессов, получения новых знаний о развитии геодинамических процессов в сейсмоактивных регионах, разновариантного картографического отображения реакции подземной гидросферы на развитие сеймотектонических процессов по гидрогеологическим показателям, а также в результате комплексного анализа гидрогеологических и геофизических полей. Такая работа в настоящее время

мя ведется. Подготовлено и представлено в Федеральное агентство по недропользованию обоснование о необходимости разработки постоянно действующих гидрогеодеформационных моделей. Такие модели сейсмоактивных регионов дадут возможность более достоверно оценивать геодинамическое состояние недр, следить за развитием процессов накопления и разрядки сейсмической энергии, в итоге на основе распознавания образов геодинамических ситуаций более достоверно оценивать степень сейсмической опасности в регионе.

В настоящее время широко развиты разнообразные формы мониторинга процессов и состояний природных и техногенных объектов, что становится актуальным при изучении эволюции природной среды под воздействием антропогенного фактора.

Результаты многолетнего ведения ГГД-мониторинга указывают на то, что его возможности могут быть успешно использованы и для выполнения других задач после разработки соответствующих методических и технологических решений его конкретного применения.

ГГД-мониторинг может успешно применяться при решении задач рациональной разработки залежей нефти и газа на основе непрерывного слежения за фильтрационными потоками законтурных вод, закачиваемого агента и извлекаемого полезного продукта. Трехмерное измерение движения фронта флюидного давления с отражением анизотропии потока может служить той информационной базой, на основе которой станет возможно эффективно управлять режимом нагрузки на водонапорную систему, обеспечивая повышение нефтеотдачи продуктивных горизонтов.

Решение задач нефтегазового комплекса основано на систематическом слежении за реакцией подземной гидросферы на техногенные воздействия. При разработке нефтяных и газовых месторождений должна быть создана специализированная наблюдательная сеть ГГД-мониторинга. При ее создании учитываются особенности гидрогеологических условий месторождения, строение нефтяного или газового резервуара, способ разработки залежей углеводородов, наличие скважин на месторождении, в которых возможна установка датчиков гидродинамического давления.

Специализированная наблюдательная сеть ГГД-мониторинга может быть создана в уже существующих скважинах на месторождении путем установки регистрирующих комплексов. Таких скважин на месторождении, в которых можно установить дат-

чики гидродинамических давлений, в большинстве случаев будет достаточно для ГГД мониторинга.

Специализированные сети с более плотным размещением наблюдательных пунктов необходимы при решении задач, связанных с воздействием крупных промышленных центров и городов на геологическую среду, а также в густонаселенных районах с активным проявлением экзогенных геологических процессов (оползневые селевые).

Представляется целесообразным также ведение ГГД-мониторинга по трассам магистральных нефтегазопроводов с размещением наблюдательных пунктов в зонах пересечения крупных сейсмогенерирующих разломов. Специализированные сети наблюдательных пунктов должны быть увязаны с существующей региональной сетью ГГД-мониторинга. Для решения всех этих задач необходимо провести соответствующие научные исследования и подготовить методические и технологические нормативные документы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вартамян Г.С., Куликов Г.В.* Гидрогеодеформационное поле Земли // Докл. АН СССР. 1982. Т. 262. Вып. 2. С. 310—314.
2. *Вартамян Г.С., Липилин А.В., Лыгин А.М.* и др. Концепция создания и эксплуатации системы геодинамического мониторинга для целей прогноза сильных землетрясений // Опыт комплексного изучения геофизических полей для целей сейсмопрогноза (Материалы конференции). —М., 1998.
3. *Воробьев Ю.Л.* Безопасность жизнедеятельности (Некоторые аспекты государственной политики) / МЧС России. —М.: Деловой экспресс, 2005.
4. *Дещеревский А.В., Лукк А.А., Сидорин А.Я.* и др. Фликкер-шумовая спектроскопия в поиске предвестников землетрясений / Труды Четвертых геофизических чтений им. В.В.Федынского. —М.: Научный Мир, 2003. С. 286—293.
5. *Куликов Г.В., Волейшо В.О., Круподерова О.Е., Тимофеев В.М.* Геодинамический режим сейсмоактивных регионов России в 2005 г. по данным гидрогеодеформационного мониторинга // Разведка и охрана недр. 2006. № 2. С. 24—30.
6. *Материалы XI сессии Межправительственного совета стран Содружества Независимых Государств по разработке, использованию и охране недр (24—27.09.2007).* —Душанбе, 2007.
7. *Протокол рабочей группы межсекционного заседания Межправсовета по направлению «Проведение ГГД-мониторинга по изучению предвестников землетрясений как метода кратко-среднесрочного прогноза землетрясений» (28.05.2007—2.06.2007).* —Гурзуф, 2007.
8. *Пруцкая Л.Д.* Краткосрочный прогноз сейсмотектонической ситуации // Восьмые геофизические чтения им. В.В.Федынского (Тезисы докладов). —М.: Центр ГЕОН, 2006.

Золоторудное месторождение Сухой Лог — переоценка и оценка прогноза рудного поля и района

И.Ф.МИГАЧЕВ, И.А.КАРПЕНКО (ЦНИГРИ), А.И.ИВАНОВ (ЗАО «Сибирская геологическая компания»), А.А.ЧЕРЕМИСИН, Д.А.КУЛИКОВ (ЦНИГРИ)

Федеральное Государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ) в 2006—2007 гг. по заданию Роснедра выполнил комплексную технологическую и геолого-экономическую переоценку золоторудного месторождения Сухой Лог.

Основаниями для переоценки этого месторождения явились:

устаревшие за истекшие 30 лет технические и технологические решения, принятые в ТЭО 1975—1977 гг.;

изменения нормативной базы по недропользованию и геолого-экономической оценке за истекший период;

новые данные по золотоносности месторождения и рудного поля, полученные в результате геологоразведочных работ, проведенных в 1977-1992 гг. (выявлены участки Центральный, Западный, Северо-Западный, расширены размеры Сухоложского);

несовершенство кондиций, утвержденных в 1977 г.; недостатки подсчета запасов, утвержденного в 1977 г.

изменение мировых и российских цен на благородные металлы.

Основная задача работы — определение современной рыночной стоимости месторождения, запасов, ресурсов и условий недропользования на основе разработки инновационных технологий.

Главные результаты переоценки заключаются в следующем:

1. Создана современная электронная цифровая и графическая база данных по месторождению за весь период его изучения (943 разведочные выработки, 102 502 рядовые пробы, более 150 листов картографических материалов формата А0, А1).

2. Уточнено геологическое строение, условия локализации золотого оруденения, что позволило обосновать новые запасы и значительные перспективы рудного поля.

3. Разработаны способы подсчета запасов, позволяющие выделить, геометризовать и полностью подсчитать запасы трех сортов руд (рядовые, бедные и убогие), характеризующихся различными технологическими показателями и различной экономической эффективностью освоения, что дает возможность регулировать процесс их отработки (последовательность, объемы) в зависимости от складывающейся экономической ситуации.

4. Сделан вывод о более широком развитии золоторудной минерализации во вмещающих породах по сравнению с ранее существовавшими представлениями на основании геолого-структурного анализа и интерпретации данных опробования в соответствии с принятыми для подсчета запасов кондициями. Этот вывод позволил обосновать: прогнозные ресурсы месторождения и рудного поля; принадлежность ранее разобнесенных участков (Центральный, Северо-Западный, Западный, Сухоложский) к одному месторождению; подсчет запасов убогих руд, в настоящее время отнесенных к забалансовым (1,5 млрд. т руды, 797,7 т Au), но имеющих значительные перспективы промышленного использования с учетом внедрения новых технологий переработки руд.

5. При изучении вещественного состава руд и технологических исследованиях по глубокому обогащению установлено наличие на месторождении серебра, в т.ч. извлекаемого в товарную продукцию; в балансовых рудах подсчитаны запасы серебра (1541 т кат. С₂).

6. Собственными минералогическими, аналитическими и технологическими исследованиями, выполненными в 2006—2007 гг., подтвержденными данными компетентных зарубежных лабораторий (Alex Steward Geo Analytical Ltd, 2007 г.; Placer Dome Inc, 1999 г.) доказано отсутствие в рудах месторождения Сухой Лог минералов платиновой группы (МПГ) в значимых количествах (выше 0,03 г/т). Проведен всесторонний анализ методик аналитических исследований работ, которыми в разные годы выявлены высокие концентрации МПГ (от первых единиц до десятков граммов на тонну) и показаны методические ошибки, обусловившие получение таких результатов.

7. Выполнен анализ разведочной сети, достоверности опробования и качества аналитических работ применительно к рудным телам и запасам, выделенным и подсчитанным в соответствии с кондициями 2007 г. при рассмотрении методики разведки месторождения Сухой Лог в его новых геологических и экономических границах, на современном методическом уровне

8. Обоснована целесообразность разработки всех запасов месторождения комбинированным способом — открытым и подземным, с использованием горных выработок и производственных фондов, созданных для открытого способа разработки.

9. Обоснована рациональная последовательность развития карьера, что позволило сократить затраты первого периода освоения.

10. Разработаны решения по селективной выемке и раздельной транспортировке выделенных при подсчете запасов сортов руд и пустых пород, что дало возможность повысить на 11,5% качество руд и сократить объем добычи руд за счет селекции на 10%.

11. Разработана на укрупненных лабораторных пробах на серийно выпускаемых промышленных сепараторах технология предварительного обогащения рядовых, бедных и убогих руд методами фотометрической сепарации (ФМС), в результате которой в хвосты с содержанием Au 0,43—0,15 г/т выделяется 33—62% горной массы, а содержание золота в концентратах ФМС повышается в 1,7—2,1 раза.

В соответствии с обоснованными решениями разработана экономическая модель оценки месторождения, основанная на использовании современных тарифов и цен на материалы, оборудование, товарную продукцию, налогов и платежей для условий Бодайбинского района Иркутской области; расчета денежных потоков в динамике по годам строительства и эксплуатации на период в 20 лет (первый этап развития карьера) в трех вариантах:

1) отработки запасов валовым способом и прямой переработкой руд с содержанием золота 1,68 г/т на золотоизвлекательной фабрике (ЗИФ);

2) отработки запасов валовым способом с предварительным обогащением руд методом ФМС и глубокой переработки концентратов фотометрической сепарации на золотоизвлекательной фабрике;

3) селективной выемки рядовых и бедных руд, селективной фотометрической сепарации этих руд и глубокой переработки концентратов фотометрической сепарации на золотоизвлекательной фабрике.

Открытым способом обрабатывается 85% запасов Au в течение 37, 34 и 33 лет по перечисленным вариантам. Карьер характеризуется следующими параметрами: протяженность 3,5 км, ширина 2,2 км, глубина 630 м; производительность его по руде 34,34 и 31 млн.т в год.

Производительность ЗИФ при валовой добыче и прямой переработке (вариант 1) соответствует производительности карьера (34 млн.т); на проектную мощность ЗИФ выходит на тринадцатый год с начала строительства. По этому варианту за первый период работы предприятия (20 лет) может быть переработано 426 млн.т руды и произведено 649 т Au.

При фотометрической сепарации руды валовой добычи (вариант 2) объем руды (концентрата ФМС), перерабатываемой на золотоизвлекательной фабрике сокращается практически вдвое (с 34 до 17,2 млн.т), содержание золота в концентрате ФМС, направляемом на ЗИФ увеличивается на 80 % (с 1,74 до 3,12 г/т). Предприятие по варианту 2 на проектную мощность выходит на восьмой год от начала строительства, а не на тринадцатый. За принятый период технико-экономической оценки (20 лет) объем переработанной руды составит 539 млн.т, а выпуск Au

794 т, что на 144,9 т (22 %) больше, чем по варианту 1.

Максимальный объем товарной продукции за период расчета технико-экономических показателей (20 лет) достигается по 3 варианту — 815,4 т золота и 256,2 т серебра при переработке 489 млн. т руды.

Этот результат достигается в процессе реализации комплекса принятых решений: раздельного подсчета запасов рядовых и бедных руд с применением коэффициента рудоносности, селективной добычи этих руд, что обеспечивает в товарной продукции более высокое среднее содержание Au (1,94 г/т против 1,68—1,74 г/т), фотометрической сепарации этих руд, позволяющей сократить более чем в 2 раза объемы руды, направляемой на глубокое обогащение и повысить содержание Au в обогащенном продукте на 83% (с 1,94 г/т до 3,55 г/т), обеспечить выход на проектную мощность ЗИФ на восьмой год от начала строительства.

Вариант 3 обладает и более высокими экономическими показателями: минимальной себестоимостью производства 1 г золота (253,3 против 325,9 руб/г), максимальной балансовой прибылью (228,9 против 135,2 млрд.руб), максимальными значениями чистого дисконтированного дохода 163,3 против 92,9 млрд.руб), индекса доходности (1,60 против 1,37), внутренней нормой доходности (23 против 11%), минимальным сроком окупаемости инвестиций (8,5 против 13,4 лет с начала строительства). Данный вариант принят за основной.

Запасы месторождения Сухой Лог подсчитаны в соответствии с постоянными разведочными кондициями для открытого способа и временными разведочными кондициями для подземного и по сравнению с утвержденными в 1977 г. увеличились в целом по месторождению в 2,6 раза, в т.ч. балансовые в 1,9 раза. Увеличение балансовых запасов золота произошло за счет расширения границ месторождения с учетом результатов геологоразведочных работ, проведенных в 1977—1992 гг., и снижения бортового содержания Au с 1,0 до 0,5 г/т, что стало возможным в результате применения инновационных технологий в подсчете запасов, при добыче и переработке руд, обеспечивающих экономически эффективную разработку месторождения.

Кондиции и запасы утверждены в установленном порядке 27 декабря 2007 г., Впервые подсчитаны и утверждены запасы Ag 1541 т.

Помимо запасов, на месторождении Сухой Лог оценены прогнозные ресурсы Au кат. P₁ в количестве 205 т. Выполнена оценка прогнозных ресурсов золота Сухоложского рудного поля по категориям P₁ 810 т и P₂ 210 т при среднем содержании Au 0,59 г/т, в т.ч. 406 т и 158 т категорий P₁ и P₂ соответственно с содержанием Au 1,15 г/т.

В результате проведенных работ месторождение Сухой Лог стало крупнейшим в Азиатско-Тихооке-

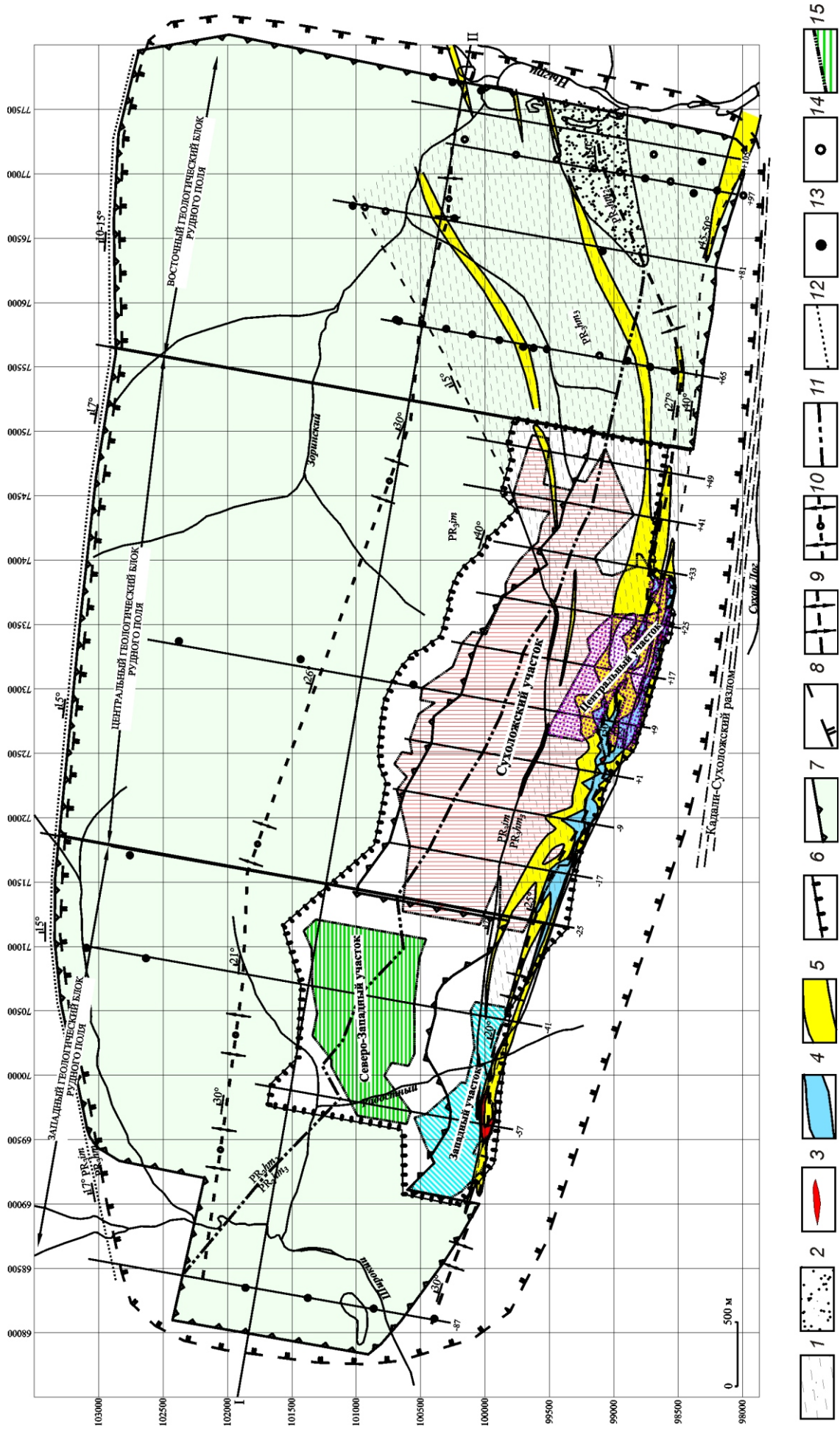


Рис. 1. Схематическая геолого-структурная карта Сухоложского рудного поля:

рудомещающие породы — свиты: имняхская PR_{3im}, хомолхинская: 1 — верхняя подсвита PR_{3hm}, 2 — средняя подсвита PR_{3hm}, 2 — средняя подсвита PR_{3hm}; выходы на дневную поверхность рудных тел: 3 — рядовых (борт 1,5 г/т), 4 — бедных (борт 0,5 г/т), 5 — убогих (борт 0,2 г/т); границы: 6 — месторождения Сухой Лог, 7 — прогнозные ресурсы, 8 — Сухоложского рудного поля; оси Сухоложской антиклинали: 9 — на дневной поверхности; 10 — на абсолютной отметке 0 м; 11 — прогибание осевой плоскости антиклинали (шарнир контакта средней и верхней подсвит хомолхинской свиты в проекции на горизонтальную плоскость); 12 — контакт имняхской и хомолхинской свит высячего крыла антиклинали на абсолютной отметке 0 м; устья скважин: 13 — вскрывающих, 14 — не вскрывающих золоторудную минерализацию; 15 — границы участков месторождения

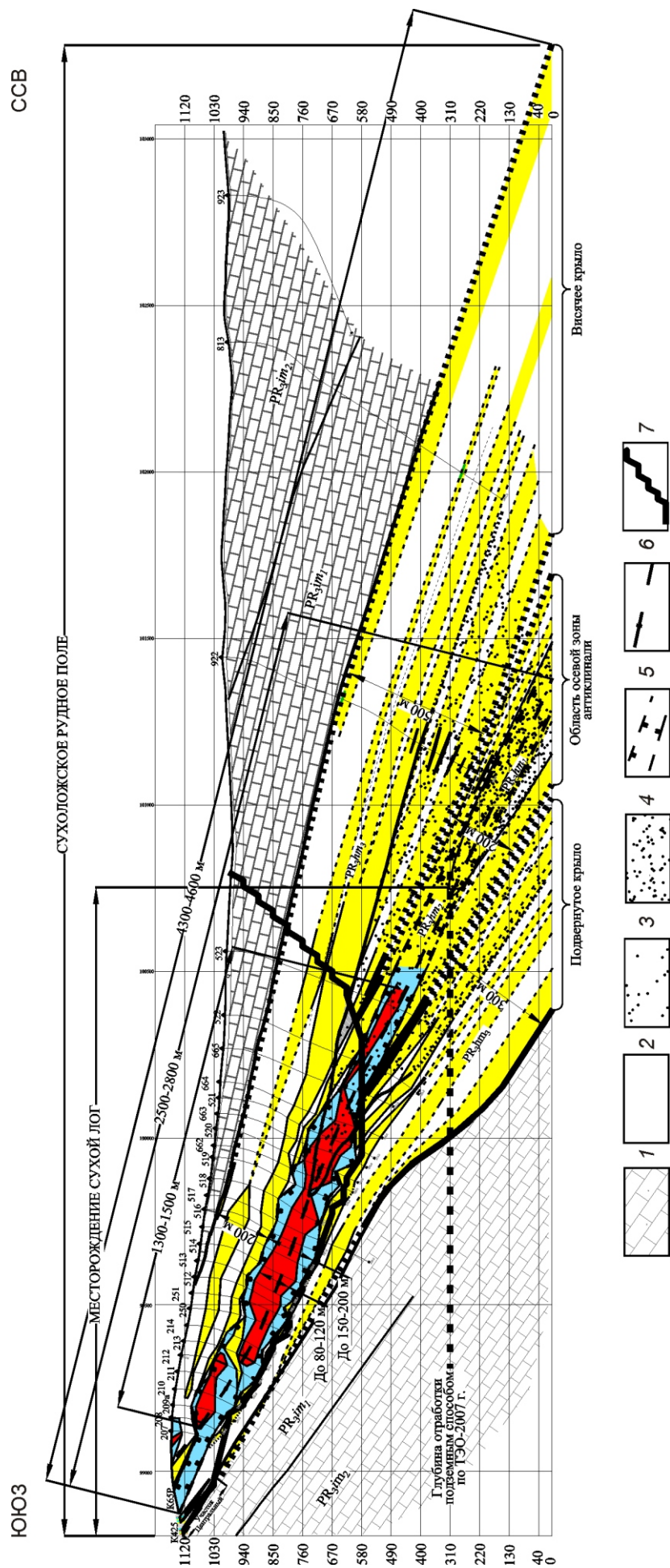


Рис. 2. Геологический разрез по разведочной линии 9. Принципиальная схема зональности золоторудной минерализации на месторождении и рудном поле по данным 2007 г.:

1 — имняхская свита верхняя PR₃tm₂ и нижняя PR₃tm₁ подсевиты; хомолхинская свита — подсевиты; 2 — верхняя PR₃tm₃, 3 — средняя PR₃tm₃, 4 — нижняя PR₃tm₃; 5 — Главная рудная зона (зона смятия); 6 — ось антиклинали; руды; 7 — проектируемый карьер; см. услов. обозн. к рис. 1

анском регионе золоторудным объектом, характеризующимся высокой экономической эффективностью освоения.

С учетом кондиций, использованных при геолого-экономической переоценке месторождения, были переинтерпретированы геологическое строение, размеры и контуры минерализованных и рудных зон Сухоложского рудного поля (рис. 1). В целом Сухоложское рудное поле сложено породами нижней, средней и верхней подсвит хомолхинской свиты, а также — базальными горизонтами перекрывающей имняхской свиты, слагающими опрокинутую на юг Сухоложскую антиклиналь.

Геологическая граница Сухоложского рудного поля в первом приближении отвечает контакту между хомолхинской и имняхской свитами от поверхности — южный фланг — до абсолютной отметки 0 м — северный фланг (см. рисунки 1, 2). Южная граница рудного поля соответствует положению шовной части Кадали-Сухоложской взбросо-надвиговой зоны. Западная и восточная границы определены с долей условности по намечающейся фациальной изменчивости пород хомолхинской свиты (увеличение объема грубозернистых разностей) и по затуханию оруденения в этих направлениях. Протяженность рудного поля по простиранию составляет 10—12 км при ширине от 3,2 км на западе до 4,5 км (в центральной части).

Нижняя подсвита хомолхинской свиты сложена алевритистыми и филлитовидными сланцами с прослоями песчаников, вскрыта скважинами на восточном фланге рудного поля (разведочные линии 97, 105) на глубине 750—770 м в ядре Сухоложской антиклинали. Средняя подсвита слагает ядро Сухоложской антиклинали на всем протяжении рудного поля и выходит на поверхность на его восточном фланге. Она представлена кварцитовидными песчаниками с прослоями алевролитов, образующих ритмы мощностью до 5—6 м. Верхняя подсвита характерна для ядерной части и крыльев Сухоложской антиклинали. Породы, слагающие ее, имеют ритмично-слоистое строение, определяющееся переслаиванием углеродистых филлитовидных и алевритистых сланцев с подчиненным количеством маломощных горизонтов серицит-кварцевых песчаников. Мощность ритмов от сантиметров до первых метров. Нижняя подсвита имняхской свиты сложена сланцами алевритистыми, известково-сланцевыми с прослоями песчаных известняков, мощность слоев от сантиметров до первых метров.

Все рудовмещающие породы на рудном поле содержат углеродистое вещество, подвергались интенсивной тектонической проработке, в различной степени минерализованы, содержат повышенные концентрации золота вплоть до промышленных.

Тектоническое строение Сухоложского рудного поля определяется строением элементов Сухоложской антиклинальной складки, а также сопряженных

с ее развитием и постскладчатых разрывных нарушений [1, 2].

Сухоложская антиклиналь — линейная одиночная опрокинутая на юг асимметричная складка с подвернутым южным крылом. Протяженность ее на площади рудного поля свыше 12 км (см. рисунки 1, 2). Простирание оси складки в центральной части (разведочная линия 17 41) достаточно устойчивое запад-северо-западное (~300°); на восточном фланге ось складки приобретает субширотное (282°) простирание. Западный фланг характеризуется резкими изменениями простирания оси складки с северо-западного (297—310°) до субширотного (250—260°, разведочные линии 33 25; 57 53) с последующим изменением простирания на северо-западное (315—317°). Шарнир складки в целом полого (2—9°) погружается на запад до разведочной линии 33, с небольшими ундуляциями в 3—5°. К западу от разведочной линии 33 ось складки достаточно резко погружается под углом 18° на северо-запад до разведочной линии 53, затем приобретает субгоризонтальное залегание и на крайнем западном фланге вновь погружается под углом 18° на северо-запад. В целом шарнир складки погружается с абсолютной отметки 920 м (восточный фланг) до горизонта — 140 м (западный фланг), т.е. на 1060 м по вертикали, что соответствует среднему углу погружения в 7°.

Месторождение Сухой Лог в структурном отношении приурочено к зоне осевой плоскости Сухоложской антиклинальной складки, которая падает на север под углом 25—30°, несколько выкручиваясь на флангах (до 35°). По падению отмечаются ундуляции осевой плоскости в пределах 4—8° (см. рис. 2).

Всяческое крыло имеет выдержанное на всем протяжении складки падение (15—17°), выполаживаясь на восточном фланге до 10—5°, что приводит к расширению складки со стороны всячего бока. Падение подвернутого крыла более крутое. Наиболее пологое падение (30—35°) имеет место в западной части рудного поля. В восточной части (разведочные линии 9 105) угол падения увеличивается до 50°. Размах крыльев антиклинали на уровне шарнира средней подсвиты хомолхинской свиты в западной и центральной части рудного поля достаточно стабилен (400—450 м) и резко увеличивается на востоке (520—725 м и более).

В осевой части антиклинали, развита *зона смятия*, выраженная в интенсивном развитии складок волочения в пластичных породах (филлитовидные и алевритистые сланцы), будинажа, кливажа разлома и кливажа осевой плоскости. Последние проявляются в наличии системы частых, субпараллельных осевой плоскости складки трещин, расчленяющих породу на тонкие (до 0,2—0,5 см) пластинки, развитию послонных трещин.

В пределах рудного поля установлено три основных типа минерализации: *карбонатная* с ограниченным количеством сульфидов, преимущественно вкрапленная; *кварц-карбонат-сульфидная* — вкрапленная, гнездововкрапленная и прожилковая; (*карбонат*)-*кварцевая убогосульфидная* жильная [1, 2]. Кроме того проявлена рассеянная вкрапленность пылевидного слабозолотоносного пирита (0,1—0,5 г/т), связанная с образованием углеродсодержащих осадочных пород.

Карбонатная минерализация (сидерит, анкерит, доломит) дорудная, развита в полном объеме рудовмещающей структуры.

Кварц-сульфидные гнездово-линзовидные обособления и прожилки рудной стадии локализуются преимущественно в трещинах слоевого и осевого кливажа или замещают отдельные тонкие прослои вмещающих пород, нередко повторяя очертания мелкой складчатости. Размеры гнезд до 1—3 см в поперечнике, протяженность их 3—15 см; прожилки имеют мощность от первых миллиметров до 1—2 см, протяженность от 0,5 до 3,0 м. Кварц-сульфидная минерализация определяет промышленную золотоносность месторождения.

Кварцевые, (карбонат)-кварцевые убогосульфидные жилы развиты на рудном поле широко, характеризуются слабой крайне неравномерной золотоносностью, ограниченными запасами и не имеют самостоятельного промышленного значения.

Все морфологические типы золоторудной минерализации пространственно совпадают с зонами интенсивной дорудной карбонатизации.

Золотоносность рудного поля и месторождения охарактеризована по материалам В.А.Буряка, Н.П.Попова, В.В.Коткина с учетом результатов интерпретации кернового опробования и структуры месторождения, выполненной авторами статьи.

Указанные исследователи [1, 2, 3, 4] выделили рудную зону, приуроченную к тектонической зоне в ядерной части Сухоложской антиклинали, насыщенной преимущественно прожилково-линзовидно-гнездовидными выделениями пирита, сопровождаемого кварцем. Рудному телу отвечала внутренняя часть рудной зоны, которая оконтуривалась по данным опробования.

Положение промышленного оруденения на месторождении по результатам детальной разведки увязывалось с особенностями залегания осевой поверхности антиклинали, а также со степенью запрокинутости складки. Этими особенностями объяснялось отсутствие промышленного оруденения на западном и восточном флангах рудного поля. Резкое выклинивание, по мнению Буряка В.А. и др. [1, 2], рудного тела по падению (северный фланг) определяется выходом в ядре антиклинали «непродуктивных» песчаников средней подсвиты хомолхинской свиты. При этом потенциальная золотоносность оценивалась по нали-

чию, концентрации и формам нахождения в породе сульфидов (пирита). В качестве нижнего предела, характеризующего потенциальную золотоносность, было принято содержание сульфидов в породе 0,5%, определявшееся визуально. Керн скважин опробовался при содержаниях сульфидов выше этого предела.

Как показал анализ результатов поисково-оценочных работ, выполненных после 1977 г., эти отрицательные критерии для локализации золотого оруденения не универсальны. На западном фланге месторождения выявлен Северо-Западный участок, в пределах которого подсчитаны запасы кат. С₂, вскрыто промышленное оруденение на восточном фланге в профиле 105, а также на северном фланге, в т.ч. в породах средней подсвиты хомолхинской свиты (профиль +9).

Авторы при переоценке месторождения Сухой Лог критерием, характеризующим наличие и интенсивность проявления золотой минерализации, приняли величину бортового содержания золота, использованную для выделения минерализованных и рудных зон, а также рудных тел на месторождении и рудном поле следующими:

при выделении минерализованных зон и убогих руд в их пределах 0,2 г/т;

при выделении рудных зон и бедных руд в границах рудной зоны 0,5 г/т;

при выделении рядовых руд в контуре бедных в границах рудной зоны 1,5 и 1,2 г/т (1,2 г/т — для отработки подземным способом).

Применение этих лимитов обусловлено условиями залегания оруденения, возможностью и целесообразностью селективной добычи сортов руд (рядовых, бедных), которая обоснована положительными результатами технологических исследований по переработке бедных руд как традиционными методами (гравитация, флотация), так и с применением предварительного обогащения методами фотометрической сепарации всех сортов руд (бедные, рядовые, убогие).

Анализ распространения золоторудной минерализации, выделенной в соответствии с изложенными лимитами, показывает следующее:

Золоторудная минерализация, выделенная по бортовому содержанию золота 0,2 г/т отвечает минерализованным зонам, охватывает практически всю толщу пород хомолхинской свиты в замковой части и крыльях антиклинали, а также основание имняхской свиты в висячем и подвернутом крыльях, унаследовав и подчеркивая структуру антиклинальной складки (см. рисунки 2, 3). Суммарная мощность минерализованных пород в центральной части южного фланга рудного поля, т.е. непосредственно на месторождении Сухой Лог, колеблется от 200 до 260 м (при мощности разреза 540—600 м); на восточном фланге (по ограниченному количеству данных) минерализованные поро-

ды охватывают около 250 м в разрезе мощностью 900 м; на западном — минерализовано от 26 до 60-90 м в разрезах мощностью от 170 до 270 м соответственно. Эти параметры определены по данным неполного кернового опробования разреза, особенно на флангах рудного поля и, естественно, занижены. По падению минерализованные породы прослежены до абсолютной отметки 0 м и не оконтурены. Золотоносность более глубоких частей разреза не изучена. Неполное опробование и оконтуривание потенциально рудоносной толщи пород было вызвано тем, что при визуальном содержании сульфидов в породе менее 0,5%, они рассматривались как безрудные.

Интенсивность выделенной по данным опробования золотой минерализации, масштаб, формы ее проявления и в определенной степени минеральный состав отличаются в различных частях оруденелого пространства и в целом определяются факторами структурного и литологического контроля.

Структурный контроль заключается в развитии наиболее интенсивно проявленной золотосульфидной минерализации преимущественно гнездово-прожилкового и прожилкового типа в области развития зоны смятия, ориентированной вдоль осевой плоскости антиклинали. В этой геологической позиции находятся интенсивно минерализованные участки — **рудные зоны** — с наиболее высокими концентрациями золота, которые на месторождении Сухой Лог надежно **оконтуриваются по бортовому содержанию золота 0,5 г/т**, и их центральные части — **рудные столбы** специфического строения (см.рис. 2), **выделенные по бортовому содержанию золота 1,5 (1,2) г/т**. Рудные зоны и рудные столбы имеют в целом секущее залегание относительно напластования пород, хотя часть золотосодержащих прожилков внутри рудной зоны и рудных столбов залегает согласно с напластованием вмещающих пород.

Роль литологического фактора в локализации этих типов золоторудной минерализации проявлена слабо, они развиты в породах верхней и средней и даже нижней подсвит хомолхинской свиты (разведочные линии 9, 105). Таким образом, золоторудная минерализация развита более широко в стратиграфическом разрезе на месторождении, чем это представлялось ранее. Это обстоятельство расширяет перспективы поисков золотого оруденения на более глубоких горизонтах исследуемого месторождения. Литологический контроль проявляется в предпочтительном развитии различных форм кварц-(карбонат)-сульфидной минерализации (вкрапленной, гнездовой, прожилковой) преимущественно в пределах тонкослоистых тонкозернистых пород — филлитовидных и алевритистых сланцев, несущих повышенные концентрации углерода (углистое вещество, антракосолит, графит).

Такие взаимоотношения структурных и литологических факторов контроля золотой минерализации

обуславливают постепенный переход от золотоносных участков к вмещающим породам, в связи с чем все границы рудных скоплений на месторождении и рудном поле устанавливаются только по данным опробования.

При удалении от осевой плоскости антиклинали и зоны смятия в сторону крыльев складки более отчетливо проявляется литологический контроль золотого оруденения, выражающийся в развитии минерализованных зон по углеродистым филлитовидным и алевритистым сланцам. В этом случае минерализованные зоны залегают согласно с вмещающими породами, подчеркивая структуру антиклинали (см.рис. 2).

В соответствии с описанными особенностями локализации золоторудной минерализации **на месторождении и рудном поле выделено три уровня оруденения относительно структуры антиклинальной складки**: оруденение висячего бока (висячее крыло); оруденение осевой плоскости, оруденение лежащего бока (подвернутое крыло). Внешние границы оруденения в рудном поле определяются положением основания разреза имняхской свиты как в висячем, так и лежащем (подвернутом) крыльях. По имеющимся ограниченными данным среди пород имняхской свиты в висячем боку антиклинали работами последнего времени (2006—2007 гг.), выполненными ЗАО «Сибирская геологическая компания» (А.И.Иванов), установлены признаки наличия золоторудной минерализации, по-видимому, связанный с тектоническими зонами, достигающей промышленных концентраций. Такие находки, безусловно, усложняют картину распределения золоторудной минерализации на месторождении Сухой Лог, но и одновременно повышают перспективы рудного поля.

Границам между выделенными структурными уровнями оруденения отвечают границы висячего и лежащего боков рудной зоны, развитой в приосевой части складки, и оконтуренной по бортовому содержанию золота 0,5 г/т, названной на месторождении Сухой Лог **Главной рудной зоной**.

Главная рудная зона в целом обладает максимальной продуктивностью (496,5 кг/тыс.км² в карьере; 115 и 140 кг/тыс.м² на участках подземной отработки). Продуктивность «рудного столба», сложенного рядовыми рудами, составляет 435,9 кг/тыс.м²; продуктивность бедных руд в висячем и лежащем боках рудного столба — 68 и 58 кг/тыс.м² соответственно. Валовая продуктивность минерализованных зон, расположенных в карьере в висячем и подвернутом крыльях антиклинали 68—70 кг/тыс.м², содержание Au 0,38 и 0,50 г/т, общая мощность минерализованных зон 66,6 и 51,3 м соответственно.

Запасы золота кат. С₂ в минерализованных зонах висячего и подвернутого крыльев антиклинали в области карьера превышают 230 т и ресурсы кат. Р₁ — 80 т.

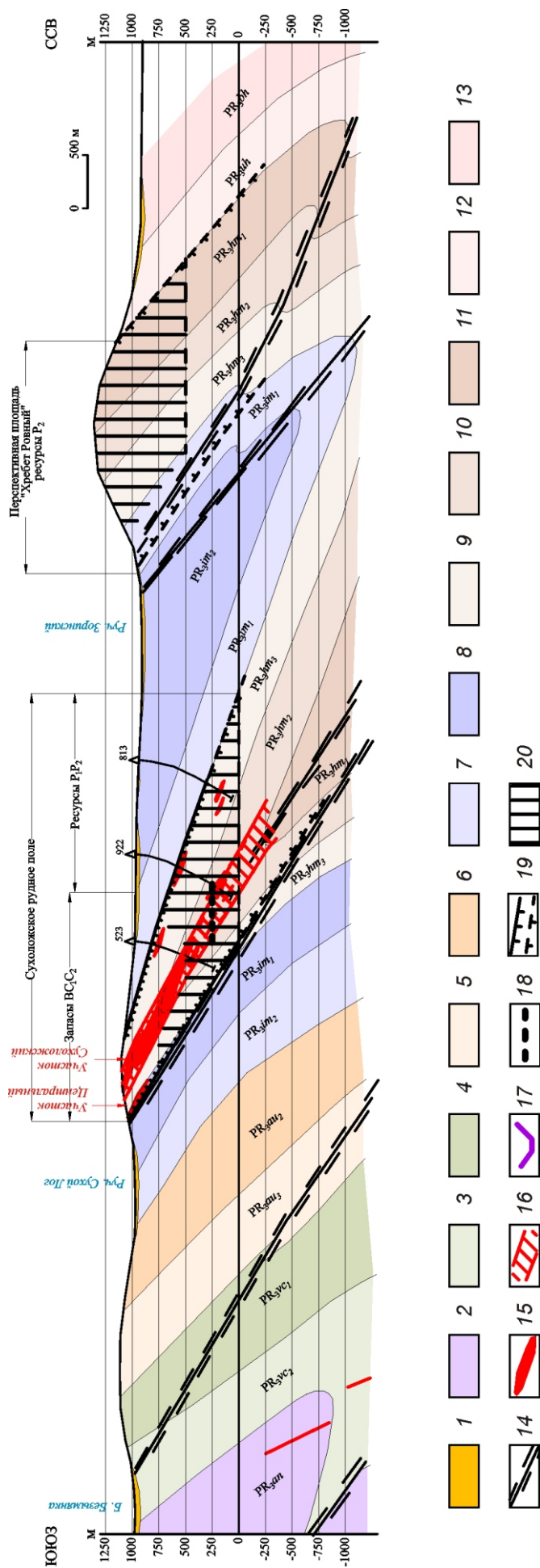


Рис. 3. Схематический разрез по разведочной линии 9 месторождения Сухой Лог и рудного поля:

1 — четвертичные отложения, Q; 2 — анангская свита PR₃an; вацкая свита: 3 — верхняя PR₃vc₂ и 4 — нижняя подсвиты PR₃vc₁; аунакитская свита: 5 — верхняя PR₃ai₃ и 6 — средняя подсвиты PR₃ai₂; имнянская свита: 7 — верхняя PR₃im₂ и 8 — нижняя подсвиты PR₃im₁; хомолхинская свита: 9 — верхняя PR₃hm₃, 10 — средняя PR₃hm₂ и 11 — нижняя PR₃hm₁ подсвиты; свиты: 12 — угаханская, 13 — бужухтинская; 14 — зоны сдвигово-надвиговых тектонических нарушений; 15 — золотоносные рудные тела; 16 — Главная рудная зона; контур отработки: 17 — открытой, 18 — подземной (нижняя граница); 19 — минерализованные зоны: а — установленная, б — предполагается; 20 — ресурсы категории P₁ и P₂

Данные особенности строения и золотоносности минерализованных зон позволяют рассматривать несколько вариантов их промышленного использования:

1) при нахождении их в контуре карьера — как объект попутной добычи с последующим предварительным обогащением методом сортировки в транспортных емкостях и далее крупнокусковой сепарации промпродуктов сортировки;

2) при подземной разработке:

а) как объект попутной добычи в случае особо благоприятных условий (попутном вскрытии), компактном залегании, высокой продуктивности и др.;

б) организации селективной добычи участков, выделенных по бортовому содержанию золота 0,5—1,5 г/т с последующим предварительным обогащением в подземных условиях.

За пределами карьера на Сухоложском и Северо-Западном участках, где планируется подземная отработка, минерализованная зона выделена лишь в подвернутом крыле. Это объясняется отсутствием опробования в области висячего крыла складки. Продуктивность подвернутого крыла на этих участках составляет соответственно 23,6 и 92,5 кг/тыс.м² на всю мощность зоны при наличии в ее пределах рядовых руд мощностью 7,4 м с содержанием Au 2,45 г/т в среднем, выделяемых по бортовому содержанию Au 1,2 г/т, запасы Au 560т (кат. С₂).

Золоторудная минерализация развивается вплоть до основания разреза имняхской свиты, включительно, как в висячем крыле, так и в подвернутом. Причем, в последнем случае зафиксированы наиболее высокие концентрации Au 6—7 г/т, связанные с жильной и прожилково-вкрапленной убогосульфидной минерализацией с крайне неравномерным распределением золота (Центральный участок). Такая ситуация, отнюдь, не исключена и для других участков, расположенных в аналогичной структурной позиции, что может быть установлено при более целенаправленном и детальном изучении.

Поисковыми скважинами, пройденными за пределами участка разведки, вскрыты разрезы в висячем крыле, частично в положении осевой плоскости, и в единичных случаях — подвернутом крыле антиклинальной складки. Они представлены тем же комплексом пород, что и на участке разведки: верхней, средней и нижней (восточный фланг) подсветами хомолхинской свиты. Практически во всех поисковых скважинах установлены зоны кварц-сульфидной минерализации, сопровождающиеся повышенными концентрациями золота. Они свидетельствуют о существовании достаточно широко развитой золоторудной минерализации и наличии в минерализованных зонах интервалов с промышленными параметрами (*m* и *c*), в первую очередь расположенными в области осевой плоскости антиклинали (см.рис. 2).

Таким образом, золоторудная минерализация на Сухоложском рудном поле характеризуется

широким распространением, охватывая практически полностью антиклинальную складку в замковой части (месторождение) и распространяясь вдоль осевой плоскости складки и по ее крыльям по мере удаления от шарнира. Вмещающими оруденение породами являются породы хомолхинской свиты в полном объеме, а также основание имняхской свиты. Наличие запасов и ресурсов золота в минерализованных зонах на месторождении и рудном поле, свидетельствует о целесообразности их более детального геологического изучения.

Структура рудного поля. По особенностям геологического строения, продуктивности золотой минерализации, степени разведанности и геологической изученности Сухоложское рудное поле по простиранию разделено на три блока: Западный — разведочные линии 87 25, Центральный — разведочные линии 25 50, Восточный — разведочные линии 50 105 (см.рис.1).

Осевой линией антиклинали на горизонте 0 м рудное поле разделяется на два фланга — северный и южный. Северный фланг рудного поля характеризуется низкой геологической изученностью, вскрыт отдельными профилями скважин, расположенными через 0,8—1,5 км, с расстоянием между скважинами в профилях 200—1000 м. Скважинами выявлены золотоносные минерализованные зоны в отложениях хомолхинской свиты и в основании имняхской. Южный фланг рудного поля представлен в Восточном блоке Зоринским (Восточным) участком, в Центральном — Сухоложским и Центральным участками месторождения Сухой Лог, в Западном — месторождением Западным и Северо-Западным участком месторождения Сухой Лог (см.рис. 1).

К Сухоложскому месторождению отнесена наиболее детально разведанная центральная часть южного фланга рудного поля (южные фланги Центрального и Западного блоков) в технических и экономических обоснованных границах, намеченных для отработки открытым и подземным способом в ТЭО 2007 г., выполненном для обоснования подсчета запасов. Длина месторождения составляет 5,6 км при ширине до 1,9 км. По мере продолжения геологоразведочных работ и получения положительных результатов границы месторождения будут уточняться.

Оценка прогнозных ресурсов выполнена по элементам структуры рудного поля и выделенных ранее уровней развития золоторудной минерализации для:

приосевой части антиклинальной складки, характеризующейся наибольшей продуктивностью и наиболее выдержанными параметрами оруденения, разбитого во всех подсветах хомолхинской свиты;

висячего крыла складки, включая породы верхней и средней подсвет хомолхинской свиты и основание имняхской свиты (терригенно-карбонатную часть разреза);

подвернутого крыла складки в тех же породах, которые слагают висячее крыло.

В основу оценки прогнозных ресурсов положены данные о продуктивности золотого оруденения каждого из выделенных уровней, рассчитанные для участков, намеченных к отработке подземным способом, характеризующих фланговые наименее продуктивные части Сухоложского участка, а также результаты интерпретации данных кернового опробования поисковых скважин, графические материалы (геолого-структурная карта рудного поля, геологические разрезы). На графических материалах оконтурены и увязаны минерализованные зоны по бортовому содержанию Au 0,2 г/т, в которых выделены рудные интервалы Au 0,5 и 1,2 г/т (бедные и рядовые руды) при минимальной мощности рудного тела 3 м и максимальном размере некондиционного прослоя, включаемого в подсчет запасов — 4 м — кондиции для подземной отработки (см.рис. 2).

Ресурсы подсчитаны способом геологических блоков в проекции на горизонтальную плоскость отдельно для приосевой части антиклинальной складки и крыльев. При оценке ресурсов принято во внимание снижение рудонасыщенности минерализованных зон на поисковых участках по сравнению с разведочными данными, устанавливаемое по величине коэффициента рудоносности соответствующего сорта руд (убогие, бедные, рядовые). С этой целью рассчитаны поправочные коэффициенты, представляющие собой отношение коэффициентов рудоносности по поисковым данным к коэффициентам рудоносности, установленным по разведочным данным. В случае, если коэффициент рудоносности по поисковым данным оказывался выше разведочного (т.е. поправочный коэффициент > 1), в расчет принимается K , равный 1.

Прогнозные ресурсы, примыкающие к разведанным запасам, оценены по категории P_1 . Ресурсы северных флангов Западного и Центрального блоков и Восточного геологического блока в целом оценены по кат. P_2 .

Суммарная оценка прогнозных ресурсов золота по рудному полю составила 1089 т по бортовому содержанию Au 0,2 г/т, в т.ч. 650 т по бортовому содержанию Au 0,5 г/т и 460 т по бортовому содержанию Au 1,2 г/т. В ресурсах содержание Au составило 0,59 г/т; 1,15 г/т и 2,24 г/т соответственно.

По совокупности выполненных на месторождении и рудном поле геофизических работ В.В.Коткин (2006) также выделил и оконтурил черносланцевые горизонты с сульфидной минерализацией, в т.ч. экранированные известняками и перекрытые рыхлыми отложениями, что позволяет прогнозировать к северу, северо-востоку и востоку от месторождения (участки Широкий, Зоринский и др.) на северном фланге рудного поля на глубинах 500—600 м и более новые рудные залежи. Ранее (1992) поисковыми скважинами на восточном фланге рудного поля (разведочная линия 105) вскрыто промышленное оруде-

нение в приосевой зоне Сухоложской антиклинали в породах нижней подсвиты хомолхинской свиты.

Перспективы выявления золоторудной минерализации распространяются на северо-восточное обрамление рудного поля вплоть до хр. Ровный (см.рис. 3). Здесь выделена параллельная Сухоложской рудоконтролирующая зона разломов. Она нарушает запрокинутое крыло синклинали и прослеживается в породах имняхской свиты от р. Угахан на западе до р. Ныгри на востоке. Эта зона потенциально золотоносная: во всех водотоках, дренирующих ее, появляются россыпи золота (р. Угахан, ее левые притоки ручьи Зоринский и Широкий) или резко возрастает их продуктивность (р. Ныгри); установлены ложковые россыпи в мелких распадах, дренирующих зону и контрастные вторичные ореолы рассеяния золота и мышьяка.

По оперативной информации о результатах поисковых работ по состоянию на 1 августа 2007 г., проведенных ЗАО «Сибирская геологическая компания», на данной площади линиями шурфов выявлены шлиховые ореолы золота рудного облика, канавами частично вскрыты зоны прожилкового окварцевания; во вмещающих породах (углеродистые и серицитовые известковистые сланцы) выявлена пирит-пирротиновая минерализация, прожилки кварца. Приведенный материал — подтверждение прогноза, выполненного на основании геолого-структурного анализа, данных разведки и поисковых скважин о перспективности данной площади на выявление золотого оруденения в лежащем боку опрокинутой антиклинальной складки на границе хомолхинской и имняхской свит (см.рис. 3).

Анализ подсчета запасов, выполненного по новым кондициям, и всего материала геологоразведочных работ позволил уточнить на месторождении Сухой Лог и одноименном рудном поле следующие особенности локализации и распределения золоторудной минерализации:

наличие структурного и литологического контроля в локализации оруденения;

более широкое развитие золоторудной минерализации в стратиграфическом разрезе, охватывающем породы вплоть до нижней подсвиты хомолхинской свиты включительно;

наличие зональности в распределении золоторудной минерализации, подчиненной структурному контролю.

Сравнение позиции золоторудной минерализации, установленной на месторождении Сухой Лог с условиями локализации оруденения на месторождениях рудного золота северной части Бодайбинского рудного района, позволяет выявить некоторые общие тенденции.

В северной части Бодайбинского рудного района, охватывающего Бодайбинский синклинали, выделено четыре рудных узла (Кропоткинский, Мараканский, Тунгусский, Хомолхинский) и рудные поля в их пределах. В Кропоткинском рудном узле в Сухоложском

рудном поле разведано месторождение *Сухой Лог*, установлены рудные зоны с промышленными параметрами; в Вернинско-Невском рудном поле — месторождения *Вернинское* и *Невское*. В Мараканском рудном узле выявлены месторождения *Ожерелье* (Ожерельинское рудное поле) и *Ыканское* (Ыканское рудное поле); в Хомолхинском — разведано месторождение *Высочайшее*. В Тунгусском рудном узле в *Светловском* рудном поле установлены рудные зоны с промышленными параметрами [1, 2, 4, 5].

Литолого-стратиграфический разрез пород Бодайбинского синклиория с положением в разрезе золото-рудной минерализации выявленных объектов отражен на рис. 4. Суммарная мощность разреза, представленного верхнепротерозойскими флишоидными терригенными, терригенно-карбонатными породами, достигает 14 км. Для синклиория характерен зональный региональный метаморфизм — в центральной части низкотемпературный (зона хлорита зеленосланцевой фации), на периферии высокотемпературный (до амфиболитовой фации), проявленный после складчатости.

Структурный облик района определяют запрокинутая на юг линейная складчатость, сформированная в раннем—среднем палеозое и осложненная соскладчатостями продольными взбросами и надвигами, а также секущие крутопадающие зоны трещиноватости различной ориентации, связанные с верхнепалеозойским коллизийным этапом, сопровождавшимся становлением интрузий. Системы пликативной и дизъюнктивной тектоники контролируют проявления гидротермально-метасоматических процессов, представленных карбонатизацией (железо-магнезиальные карбонаты), серицитизацией (мусковитизацией на площадях эпидот-амфиболитовой ступени метаморфизма), прожилково- жильным окварцеванием и сульфидизацией. Карбонатизация и серицитизация предшествуют рудоотложению, сульфидизация и окварцевание — сопровождают и завершают рудный процесс [4, 6, 7, 8].

Выявленные месторождения золота (рис. 5) представлены пластообразными минерализованными зонами, локализованными в пределах опрокинутых асимметричных антиклинальных складок (*Сухой Лог*, *Вернинское*, *Невское*, *Светловское*), или в антиклинальных (флексурных) перегибах крыльев опрокинутых синклинальных складок (*Высочайшее*, *Ожерелье*).

Рудные поля месторождений характеризуются крупными размерами от 5 до 12 км по простиранию рудоконтролирующих структур при ширине их до 5 км. Протяженность рудных тел и участков месторождений изменяется от первых сотен метров до первых километров. Мощность минерализованных и жильно-прожилковых зон от первых метров до 30—50 м, редко до 100 м и более. На рудных полях крупных (и уникальных) месторождений рудные тела и участки расположены на нескольких структурных уровнях — в крыльях и ядре опрокинутых, обычно сильно сжатых асимметричных антиклиналей.

На всех выявленных месторождениях золота рудного района развит прожилково-вкрапленный тип оруденения золото-кварц-сульфидной формации, в меньшем объеме - кварцево-жильный тип убогосульфидной золотокварцевой формации, встречающийся в чистом виде на отдельных локальных участках месторождений (Центральный участок — месторождение *Сухой Лог*, *Первенец* — *Вернинское*).

Прожилково-вкрапленная минерализация развита наиболее широко, составляя до 80—90% всего объема руд, в структурном отношении тяготеет к ядерным частям антиклиналей, характеризуется значительными размерами рудных тел, простым минеральным составом, невысокой изменчивостью минерального состава руд и среднего содержания в них Au 2—4 г/т. Главные рудные минералы представлены пиритом, редко арсенопиритом, пирротинном, жильные — кварцем, карбонатами, серицитом. Рудные тела прожилково-вкрапленных руд относятся ко второй группе по сложности геологического строения.

Кварцево-жильные рудные тела тяготеют к крыльям складок, имеют относительно небольшие размеры, более сложный минеральный состав, характеризуются высокой изменчивостью мощности и содержания золота, относятся к третьей группе по сложности геологического строения. Среднее содержание в них Au 4—6 г/т, достигая по отдельным пробам сотен граммов на тонну. По количеству сульфидов жильные рудные тела относятся к убогосульфидным.

Золотое оруденение в промышленных масштабах охватывает всю верхнюю часть разреза Бодайбинского синклиория в объеме ныгринской и бодайбинской серий верхнего рифея — венда мощностью около 7 км (см.рис.4). С этой точки зрения факторы стратиграфического и литологического контроля золотого оруденения могут учитываться при мелкомасштабных (1:200 000) прогнозных построениях.

Приоритетное значение при прогнозировании рудных узлов и рудных полей имеют структурные условия, выражающиеся в наличии антиклинальной опрокинутой асимметричной складчатости, развитии субсогласных зон взбросо-надвигового типа, поперечных зон трещиноватости типа «скрытых» разломов, которые в совокупности контролируют развитие предрудного и рудного метасоматоза. Предметом прогноза и оценки должна быть вся антиклинальная структура (как ядерная часть, так и крылья), которая определяет потенциальное положение продуктивной зоны и должна опробоваться полностью.

Последующая иерархия золоторудной минерализации при более детальных работах может быть представлена минерализованными зонами, рудными зонами, рудными телами. На этих стадиях оценки литологический контроль влияет на формирование неоднородностей в распределении золоторудной минерализации по содержанию золота, мощности рудных тел, сплошности и условиям залегания и в сочетании

со структурными элементами устанавливает положение рудных столбов.

Важной особенностью строения золотого оруденения выявленных месторождений является прерывистое по мощности распределение золоторудной минерализации при значительных площадных (по простиранию

и падению) размерах ореолов. Эту особенность следует учитывать при обосновании методики разведки и опробования, не допуская перерывов в отборе проб в пределах намечаемых границ продуктивной толщи, минерализованных и рудных зон и обеспечивая полное пересечение выработками их по мощности.

Поярусная Период Серия Полюсрия	Свита	Индекс	Разрез	Ритмичность	Мощность, м	Положение и характеристика золоторуднения	Тип разреза (породы)	
Верхний протерозой	Восток	Бодайбинская	Илигирская	Vil		650-1100		Сланцево-песчаный с прослоями доломитов
			Догалдынская	Vdg		440-800		Сланцево-песчаный (известковистые песчаники, известняки, полимиктовые песчаники, аркозы)
			Анангирская	Van		350-950		Алеврит-сланцево-песчаный (черные углеродистые слюдисто-кварцевые алевриты и сланцы, полевшпат-кварцевые песчаники, известковистые песчаники)
			Вачская	Vvc		140-300		Сланцево-песчаный (кварцевые, алевритистые углеродистые сланцы, песчаники)
			Аунакирская	Vau		400-1600		Песчано-сланцевый (песчаники, сланцы песчаные, известняки углеродистые, слюдисто-кварцевые сланцы углеродистые)
	Верхний рифей	Ныргинская	Имнянская	R _{im}		160-400		Сланцево-карбонатный (известняки слюдистые, известковые сланцы и песчаники)
			Хомолхинская	R _{hm}		400-1120		Алеврит-сланцевый углеродистый
			Угаханская	R _{ug}		320-820		Песчано-алевоит-кварцевый
			Бужухтинская	R _{bg}		300-800		Алеврит-сланцевый
	Средний рифей	Балаганская	Бодайбоканская	R _{bd}		600		Песчано-сланцево-карбонатный (песчаные известняки, известковистые песчаники, углеродистые алевриты)
			Бугаритинская	R _{bg}		1800-2200		Песчано-сланцевый с повышенной углеродистостью
			Хайвергинская	R _{hv}		650-1500		Карбонатный (известняки углеродистые, известковистые песчаники, гравелиты)
			Хорлухтакская	R _{hr}		300-2050		Известково-сланцево-песчаный
	Средний рифей	Балаганская	Хайвергинская	R _{hv}		650-1500		Песчано-алевоит-пелитовый
			Хорлухтакская	R _{hr}		300-2050		Конгломерато-гравелит-сланцево-песчаный
			Бугаритинская	R _{bg}		1800-2200		
			Бодайбоканская	R _{bd}		600		

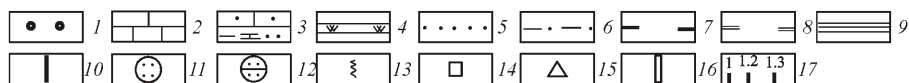


Рис. 4. Литолого-стратиграфический разрез пород северной части Бодайбинского рудного района, типы и положение золоторудной минерализации в разрезе. По А.И. Иванову, И.А.Карпенко, А.А.Черемисину:

породы: 1 — конгломераты, гравелиты, 2 — известняки, 3 — песчаники и сланцы известковистые, 4 — песчаники кварцевые, 5 — песчаники, сланцы: 6 — алевритистые, 7 — высокоуглеродистые филлитовидные, 8 — филлитовидные углеродистые, 9 — алевриты серицит-кварцевые; 10 — интервал развития золотого оруденения в разрезе; типы минерализации: 11 — вкрапленный, 12 — жильный и вкрапленный, 13 — ритмичность; главные рудные минералы: 14 — пирит, 15 — арсенопирит, 16 — пирротин, 17 — месторождения (участки): 1 — Сухой Лог, (участки 1.1 — Сухоложский, 1.2 — Центральный, 1.3 — Западный, 1.4 — Северо-Западный), 2 — Вернинское, 3 — Невское, 4 — Высочайшее, 5 — Ожерелье, 6 — Ыканское, 7 — Светловское

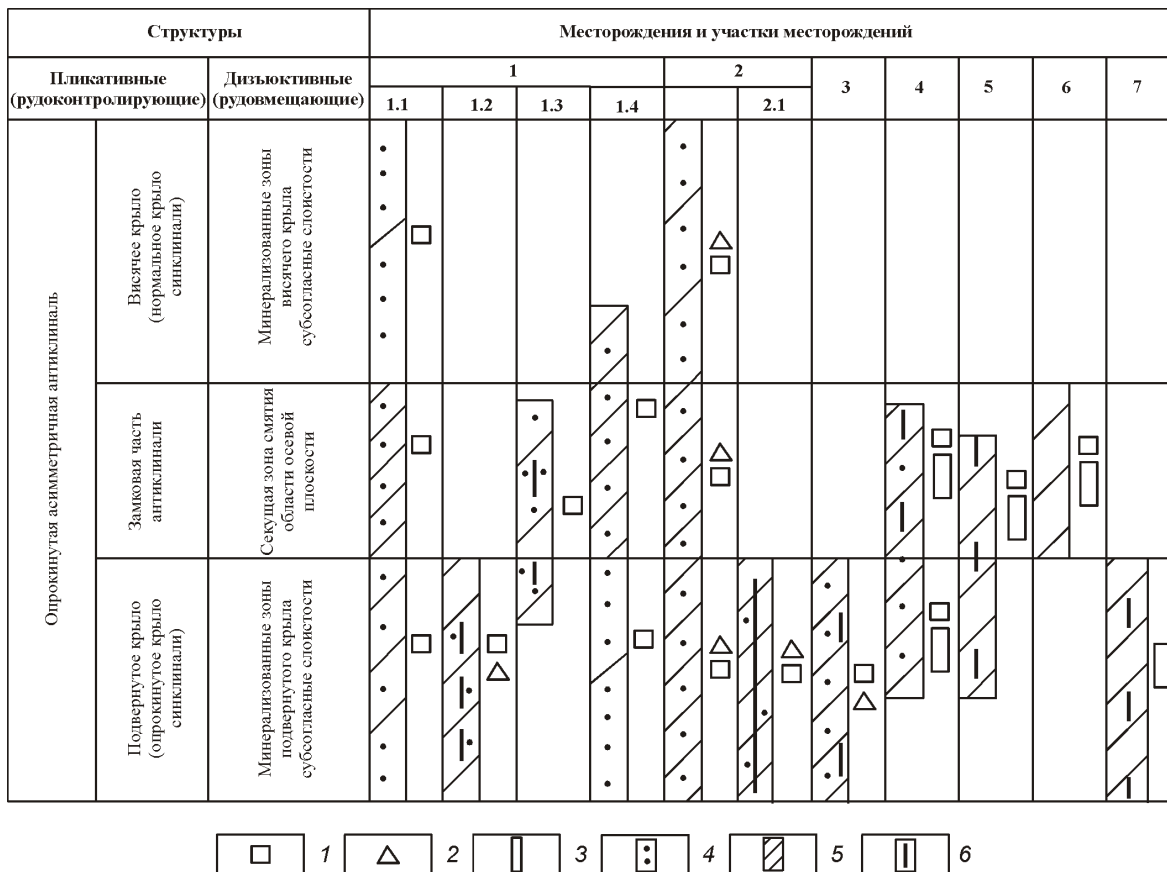


Рис. 5. Структурное положение золотого оруденения на месторождениях северной части Бодайбинского рудного района. По И.А. Карпенко, А.А. Черемисину и материалам А.И. Иванова:

главные рудные минералы: 1 — пирит, 2 — арсенопирит, 3 — пирротин; тип минерализации: 4 — вкрапленный, 5 — прожилково-вкрапленный, 6 — жильный; месторождения (участки): 1 — Сухой Лог (участки 1.1 — Сухоложский, 1.2 — Центральный, 1.3 — Западный, 1.4 — Северо-Западный), 2 — Вернинское (участок 2.1 — Первенец), 3 — Невское, 4 — Высочайшее, 5 — Ожерелье, 6 — Ыканское, 7 — Светловское

Следует обратить внимание, что на параметры оцениваемого объекта существенно влияют параметры кондиций. Традиционное (с 1975 г.) использование бортового содержания Au в 1 г/т с подсчетом запасов «на массу» для данного района в настоящее время нельзя признать оптимальным.

По указанным обстоятельствам рациональными лимитами для выделения рудных зон должно быть граничное содержание Au 0,5 г/т, а для выделения минерализованных или продуктивных зон — не более 0,2 г/т. Вместе с тем в контурах, выделенных по рекомендуемым лимитам, необходимо на основе изучения закономерностей распределения золоторудной минерализации решать вопрос о возможности и целесообразности выделения руд с более высокими содержаниями золота. Эта задача решается также с учетом технологических свойств руд, условий залегания рудных тел с позиций их отработки открытым и подземным способами. Такой комплексный подход к прогнозированию и изучению объектов рудного золота в северной части Бодайбинского рудного района позволит более целенаправленно и эффективно их оценивать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряк В.А., Попов Н.П., Дорофеев Д.А. и др. Месторождение Сухой Лог // Геология золоторудных месторождений. 1986. Т. 3. С. 173—185.
2. Буряк В.А., Хмелевская Н.М. Сухой Лог — одно из крупнейших месторождений мира. — Владивосток. Дальнаука, 1997.
3. Вуд. Б.Л. Попов Н.П. Гигантское месторождение золота. Сухой Лог (Сибирь) // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 3. С. 315—341.
4. Иванов А.И. Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района и новые аспекты их поисков // Разведка и охрана недр. 2004. № 8—9. С. 17-23.
5. Иванов А.И., Лифшиц В.И., Первалов О.В. и др. Докембрий Патомского нагорья. — М.: Недра. 1995.
6. Константинов М.М., Некрасов Е.И., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и Мира. — М.: Научный мир, 2000
7. Константинов М.М., Нарсеев В.А. Многофакторные прогнозно-поисковые модели золоторудных месторождений. — М. ЦНИГРИ, 1989.
8. Рундквист И.К., Бобров В.А., Смирнова Т.Н. и др. Этапы формирования Бодайбинского золоторудного района // Геология рудных месторождений. 1992. № 26. С. 3—15.

О достоверности геологических моделей угольных месторождений

Н.Н.ПОГРЕБНОВ, В.В.ТРОЩЕНКО (Южный научный центр РАН)

Основная задача разведки месторождений полезных ископаемых — построение моделей природных геологических объектов и распределение в пространстве их свойств с заданной степенью достоверности. Достоверность моделей и, безусловно, разведки определяется степенью соответствия параметров, получаемых при разведке, действительным параметрам, характеризующим природные геологические объекты [1].

Геологическая модель месторождения формируется в результате разведочного процесса и составляется из ряда частных моделей. Под частной моделью понимается модель отдельного геологического тела или его свойства (гипсометрия пласта, разрывное нарушение, зольность угля и т.д.) в пределах однородного блока [2] — элементарной структурной поверхности (по И.Н.Власову). Однородные блоки выделяются по естественным границам (разрывные нарушения, линии пересечения моделируемых поверхностей с эрозионными поверхностями и др.) и искусственным (границы горного отвода и пересечения региональных и локальных структур, предельная глубина разведки, нормативно заданные границы изменения качественных параметров геологических тел и др.) (рис. 1).

Достоверность каждой из частных моделей определяется разрешающей способностью применяемых методов получения и обработки исходной информации, соответствием применяемой моделирующей функции (способа моделирования) структуре реального геологического тела, размером и степенью изменчивости в пространстве моделируемых объектов.

Необходимый уровень точности модели устанавливается, с одной стороны, уровнем экономической

целесообразности, с другой — потребностями выявления деталей структуры объекта. Так, при сопоставлении графического материала, отражающего различные этапы разведки Южно-Каменского участка [3], удалось показать, что сгущение скважин в линиях не внесло существенных изменений в гипсометрию целевого угольного пласта (i_3). Новые крупные разрывные нарушения не были выявлены, не была уточнена и общая картина изменения качества угля по площади. Однако бурение дополнительных скважин в линиях позволило уточнить поведение ранее известных разрывных нарушений и выявить ряд новых небольших нарушений (рис. 2). Новые скважины 3218 и 3219 позволили по-иному понять характер существующих нарушений (рис. 3).

Геометрию разрывных нарушений можно изучить методом бурения дополнительных скважин. Однако существует ряд факторов, которые даже при расположении скважин на расстоянии 50—30 м не позволяют уточнить детали, а только перегружают картину ненужными, часто противоречивыми подробностями. К этим факторам можно отнести неполный выход керна при колонковом бурении и низкую точность его привязки, неоднозначность видимых углов падения пород, рассчитанных в плоскости модели.

Из сказанного можно сделать заключение о том, что сближение скважин в линиях нужно проводить лишь до расстояния 250—300 м. Этого обычно оказывается достаточно для построения обоснованных структурных моделей. Бурение же дополнительных скважин необходимо только в нарушенных зонах и редких точках (при спокойном залегании слоев).

Оценка исходных данных. При оценке достоверности исходных данных следует выявлять систематические и случайные ошибки, а также промахи. Кроме того, в отдельных случаях при оценке средних характеристик могут быть выявлены ошибки репрезентативности, обусловленные природной изменчивостью объекта и недостаточной представительностью выборки (числа пластопересечений, точек опробования), и ошибки технические, связанные с недостаточной точностью определений параметра в полевых и лабораторных исследованиях. Все эти факторы в итоге определяют достоверность геологических моделей, но в данной работе не рассматриваются, т.к. имеется специальная литература [4, 5].

Очевидно, что точность модели площадного распределения любого параметра не может быть выше точности определения последнего в точках опробования. Точность определения гипсометрического положения пластопересечений для построения пластовых гипсометрических планов, пространственного

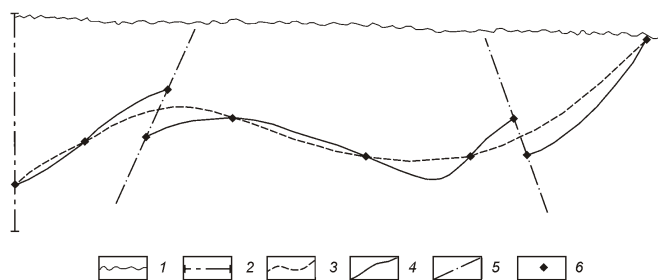


Рис. 1. Границы однородных блоков:

1 — поверхность стратиграфического несогласия; 2 — разрывные нарушения; модель структуры изменчивости параметра: 3 — региональной, 4 — локальной; границы: 5 — горного отвода (разведочного участка), 6 — однородных блоков

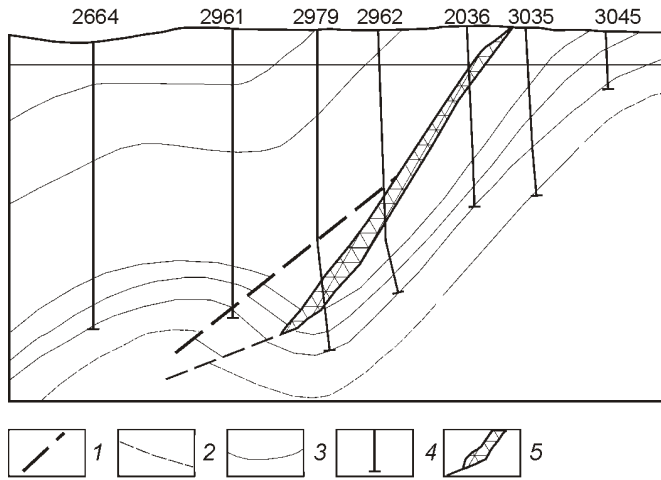


Рис. 2. Модель Бамбетовского надвига с оперяющим нарушением, вскрытым скв. 2979:

1 — оперяющие разрывные нарушения; маркирующий горизонт; 2 — предполагаемый, 3 — установленный; 4 — буровая скважина и ее номер; 5 — зона нарушенных пород надвига

положения точек опробования при малых глубинах скважин (до 200 м) достаточно высока, однако с увеличением глубины разведки она снижается (см. таблицу).

Погрешность определения параметров моделируемых величин (зольность, другие качественные показатели) зависит от точности лабораторных методов и представительности проб [6]. Ошибка в определении координат точки опробования оказывает влияние на точность построения изолинейной модели тем большее, чем больше градиент изменения моделируемого параметра. Максимальная величина такой ошибки составляет

$$R L G,$$

где R — величина ошибки, L — величина линейного отклонения измеренного положения точки в плане от фактического и G — величина градиента измеряемой величины в направлении наибольшей изменчивости признака (в случае гипсометрического плана G равно tg угла падения угольного пласта). Таким образом, точность определения исходных параметров наряду с другими факторами определяет верхний предел достоверности модели.

Проверка соответствия полученных результатов фактическим данным. В результате проверки можно определить, насколько правильно математическая модель описывает систему, насколько верны геологические представления, положенные в ее основу. Чаще всего оценивается степень совпадения или сходства фактических данных с моделью. Если имеется несколько геологических и соответствующих им математических моделей, то проверка может дать ответ на вопрос, какая из моделей лучше соответствует

действительности. Следует отметить, что проверка не всегда возможна, особенно в тех случаях, когда получение фактических данных затруднено или невозможно [7].

Оценка минимального размера моделируемых локальных объектов. Для построения корректной модели необходимо, чтобы сеть точек опробования соответствовала характеру изменчивости моделируемого параметра. Наилучшим является вариант, когда наибольшая линейная плотность точек опробования совпадает с направлением наибольшей изменчивости признака (например, разведочные линии, ориентированные вкрест простирания складок, для построения гипсометрического плана пласта).

При этом изолинейная модель в состоянии адекватно отразить лишь ту составляющую изменчивости признака, частота колебаний которой в два и более раз ниже частоты точек опробования в соответствующем направлении. Более высокочастотные составляющие изменчивости не могут быть выявлены разведкой и относятся к шуму, т.е. случайной составляющей изменчивости [8]. Если величина амплитуды случайной составляющей не превышает установленных пределов точности, то модель может считаться достоверной, в другом случае для повышения точности модели необходимо сгущение сети точек наблюдения (опробования).

Оценка достоверности аналитических гипсометрических моделей. Для оценки достоверности построения аналитической модели в границах элементарной структурной поверхности (блока) необходимо установить степень приближения функциональной модели к моделируемой геологической поверхности. Таким образом, задача сводится к минимизации отклонений значений, вычисленных по модели, от фактических значений.

Если площадное распределение значений признака носит случайный характер (частота изменения признака значительно превышает частоту точек опробования), построение интерполяционных моделей лишено смысла. Это утверждение относится к таким параметрам угольных месторождений, как зольность пласта, содержание микроэлементов в золе и др. В аналогичных случаях применяются аппроксимационные модели, полученные способом «скользящего окна» или алгебраических полиномов. Достовер-

Погрешности определения координат точек опробования в зависимости от глубины скважины

Глубина замера, м	Ошибка по x и y , м	Ошибка по z , м
0—200	1	1
200—600	3—5	1,5—2
более 600	5 и более	2 и более

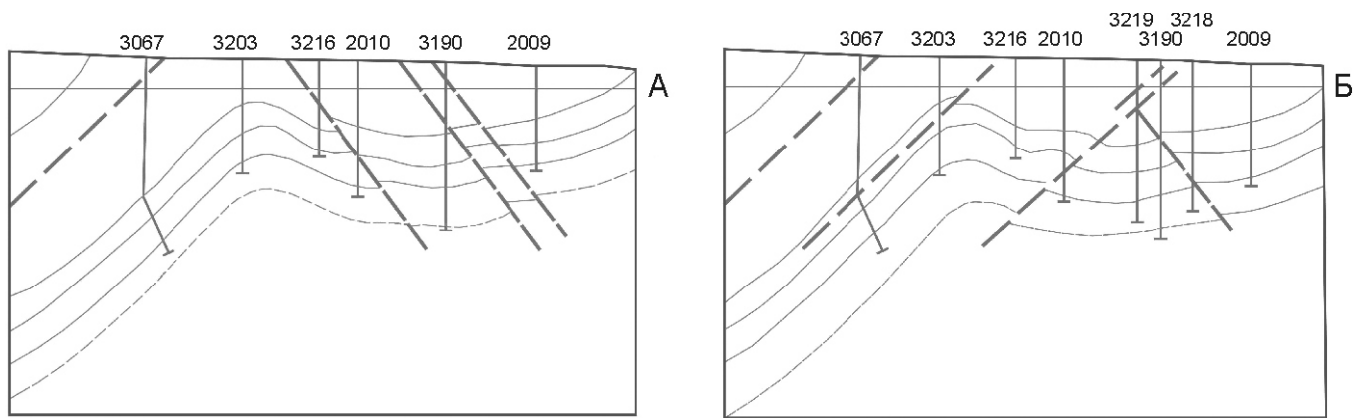


Рис. 3. Варианты модели тектонического строения Южно-Каменского участка:

А — до бурения дополнительных скважин, Б — после получения дополнительной информации по скважинам 3219 и 3218; см. услов. обозн. к рис. 2

ность модели устанавливается по величине среднеквадратичного отклонения фактических значений признака от аппроксимационных.

Исходной информацией для гипсометрических моделей являются данные о размещении и глубине залегания моделируемой геологической поверхности (координаты точек определения). В процессе решения задачи установления степени однозначности фактических и вычисленных значений параметра в точках опробования выполняется построение множества моделей по $N - T_i$ точкам, где N — общее число точек опробования, а в качестве T_i выступает последовательно исключаемая точка опробования, т.е. i принимает значение от 1 до N .

Во избежание получения искаженной картины необходимо предварительный анализ характера размещения точек опробования:

не должно быть резкого сближения в одном направлении и разреженности в ортогональном направлении координат точек пересечения скважинами поверхности пласта;

необходимо однозначное соответствие координат точек пересечения пласта скважинами и глубин залегания пласта (метод не может быть применен для построения моделей поверхности при наличии в структуре опрокинутых, лежащих, веерообразных складок).

Следовательно, модель перестраивается многократно. Построение каждой новой модели поверхности пласта выполняется по $N - 1$ точкам опробования, т.е. последовательно исключается каждая из скважин, расположенная внутри исследуемого блока, а при исключении следующей скважины предыдущая возвращается в массив исходных значений. Значение же отметки в исключенной скважине вычисляется по построенной модели. Если вычисленное значение в исключенной скважине отличается от фактического на величину больше допустимой по-

грешности (в соответствии с проектом разведки), то в окрестностях этой скважины требуется получение дополнительной информации, т.е. бурение дополнительной скважины.

Оценка достоверности изолинейных графических моделей. Адекватность изолинейных моделей отражаемому геологическому параметру в значительной степени зависит от выбора сечения изолиний. При выборе сечения изолиний должны учитываться величина параметра и его изменчивость в пространстве, градиент изменчивости, наличие и распределение в пространстве локальных аномалий величины параметра, наличие и величина зоны экстраполяции моделируемого параметра. Достоверность изолинейной графической модели может быть оценена двумя способами:

1. По соответствию аналитической модели — сравнением величин признака, определенных в одной и той же точке на обеих моделях. По аналитической модели в процессе ее построения в случайных точках с координатами X, Y вычисляется значение признака. В точках с этими же координатами определяется значение по графической модели путем интерполяции между изолиниями. Достоверность графической модели устанавливается максимальным значением отклонения графической модели от аналитической.

2. По соответствию фактическим данным — сравнением величин признака, определенных в точках фактических наблюдений и значений признака, полученных в точках с теми же координатами путем интерполяции между соседними изолиниями.

На точность модели существенное влияние оказывает способ построения изолиний. Известны методы их построения по регулярной и нерегулярной сети. В геологической практике исходные данные о глубине залегания пласта, его мощности получают по скважинам, места расположения которых по определению не могут находиться по регулярной сети, что об-

условлено рельефом местности, искривлением ствола скважин, характером и направлением изменчивости изучаемых параметров (простираание складчатости, углы падения пластов и др.). При переходе от фактической сети наблюдения к регулярной появляется погрешность метода интерполяции, которая может в значительной степени исказить модель. Для исключения таких погрешностей применяется метод триангуляции с линейной интерполяцией в пределах ребра каждого треугольника, однако он тоже может иметь погрешность за счет многовариантного построения системы треугольников, особенно в красной зоне. При использовании принципа минимизации площади треугольников [9], алгоритм триангуляции приводит к однозначному решению, что снижает погрешность построения модели до уровня, близкого к точности определения моделируемого параметра.

Оценка достоверности контурных моделей. Под контурными подразумеваются модели распределения в пространстве или на площади геологических тел, их признаков на качественном уровне (наличие или отсутствие угольной пачки, прослойка, простое или сложное строение залежи, зона размыва, расщепления, выклинивания, замещения и др.). Наиболее типичный пример — модель морфологии угольной залежи, где показаны контуры всех слагающих залежь геологических тел и выделенных зон расщепления.

Достоверность таких моделей складывается из достоверности определения каждого из этих контуров. Часть из них устанавливается на основе изолинейных моделей (например, линия расщепления проводится по изолинии определенного значения мощности, линия замещения — по изолинии кондиционного значения зольности). Часть контуров соответствует естественным границам геологических тел (например, контуры русловых размывов, интрузий, выходы угольных залежей на поверхность). Достоверность контуров первого типа определяется достоверностью тех изолинейных моделей, на основании которых проведены эти контуры, достоверность контуров второго типа зависит от разрешающей способности тех методов, которыми выявлены границы, а также от достоверности трассировки границ между точками наблюдения. Отсюда следует, что на разных участках контуров их достоверность будет различна.

При рассмотрении контурных моделей необходимо отличать, с одной стороны, достоверность выявления самих геологических тел или зон и, с другой — достоверность трассировки их границ.

Практика геологоразведочных и эксплуатационных работ показывает, что выделяемые на контурных моделях тела и зоны (например, на картах морфологии угольной залежи) могут не только значительно отличаться по форме от их изображения, но и вообще не подтверждаться. Так, выделенный на модели породный прослойк мог появиться за счет засорения

угольного керна боковыми породами или из-за неправильной интерпретации каротажных кривых.

Ввиду чрезвычайного разнообразия характера моделируемых тел и признаков, нет возможности сформулировать какие-то общие принципы оценки достоверности таких моделей. Наиболее достоверными можно считать геологические границы, установленные и прослеженные прямыми наблюдениями в естественных или искусственных обнажениях. Однако и здесь возможны ошибки, например, связанные с оползневыми деформациями.

Значительные погрешности возникают при картировании признака по принципу «есть—нет», т.е. по его наличию или отсутствию в точке опробования, в процессе трассировки границ между точками с наличием признака «1» и его отсутствием «0». Общепринята практика проведения границы посередине интервала между такими точками; при этом точность оконтуривания может быть повышена только местным сгущением сети опробования, что приводит к решению специфической задачи оконтуривания с минимальными затратами. Таким образом, достоверность оконтуривания можно оценивать по соотношению величины доверительной зоны, т.е. зоны возможного положения границы, с требованиями, предъявляемыми к точности разведки.

Совместный анализ взаимосвязанных моделей. Под взаимосвязанностью моделей понимается непротиворечивость всех локальных (частных) моделей, созданных для разведываемого участка.

Установление непротиворечивости достигается путем совместного анализа и пространственной увязки частных моделей через геологические разрезы (сечения). Одновременное наложение на геологический разрез, построенный традиционным методом, сечений этой же плоскостью аналитических моделей (группы пластов), позволяет выявить участки расхождений, требующих получения дополнительной информации и (или) уточнения моделей по каждому геологическому параметру.

Кроме того, критерием достоверности взаимосвязанных изолинейных моделей может служить их взаимное соответствие. Например, гипсометрические планы по соседним угольным пластам проверяются на выдержанность межпластового нормального расстояния путем моделирования на площади этого параметра (мощность междупластья) и выявления некоординированной составляющей (локальных аномалий).

Алгоритм такой проверки для каждой пары пластовых поверхностей заключается в определении высотной отметки и угла падения в точках регулярной (квадратной) сети для каждой из двух пластовых поверхностей, вычислении разности отметок z и среднего из двух значений угла падения α_{cp} , и установлении нормальной мощности межпластового интервала $m = z/\cos(\alpha_{cp})$. По регулярной сети строится изоли-

нейная модель параметра m , которая может быть проанализирована на наличие зон аномальных значений m , за которые в данном случае могут быть приняты значения, отклоняющиеся от среднеарифметического на величину, превышающую допустимую ошибку определения высотной отметки. При этом следует учитывать закономерное изменение мощностей слоев в замковых частях складок «подобного» морфологического типа, вследствие чего линейные зоны положительных отклонений m от среднего значения, сопровождающие шарниры складок, не следует считать аномалиями. Аномальные значения параметра m , не связанные с локальными изгибами слоев, являются признаком недостаточной обусловленности модели фактическими данными.

Анализ степени информационной обусловленности моделей. Модели распределения геологических параметров не могут быть однородны по степени достоверности во всем своем объеме по причинам неравномерности разведочной сети и неравномерного характера изменчивости изучаемого признака в пространстве. Соответственно, достоверность модели в различных ее частях тоже будет неодинаковой. Эти две причины взаимосвязаны, так как наличие неравномерной изменчивости признака требует проектирования неравномерной сети, что на практике невозможно из-за отсутствия априорных сведений об изменчивости, поэтому возникают две соответствующие задачи:

выявление необусловленных участков моделей, на которых степень изменчивости признака превышает разрешающую способность сети опробования;

выявление участков модели, характеризующихся избыточной информацией, где адекватная модель может быть построена по сокращенному числу точек наблюдения.

Первая задача позволяет определить участки модели, требующие дополнительной информации для ее уточнения и доведения до определенных проектных кондиций, вторая — обоснованно выделять однородные блоки, которые могут быть отнесены к высоким категориям изученности для подсчета запасов [5].

Оценка достоверности моделей распределения локальных объектов приводится на примере анализа разрывной нарушенности как одного из основных типов локальных объектов в структуре месторождения. Наиболее многочисленную группу составляют малоамплитудные разрывные нарушения, выявляемые в процессе разведки лишь частично.

В наиболее общем виде оценка достоверности выявления малоамплитудных разрывных нарушений буровой разведкой сводится к определению площади вертикальной проекции фигуры сечения данного стратиграфического интервала с надежно устанавливаемыми границами (угольный пласт, междупласть), в пределах максимальной глубины разведки, сместителем разрывного нарушения и вычислению вероятности или математического ожидания попада-

ния одной или более скважин разведочной сети в эту фигуру с учетом степени выдержанности мощности данного интервала, углов падения. Таким образом, вероятное общее число однотипных нарушений, в т.ч. еще не выявленных разведкой, определяется как произведение числа выявленных нарушений на величину, обратную математическому ожиданию встречи нарушения сетью скважин. В наиболее общем случае математическое ожидание попадания одной скважины в фигуру сечения данного стратиграфического интервала равно отношению площади фигуры сечения интервала сместителем к общей площади разведываемого участка:

$$M_1^1 = \frac{s}{S},$$

где M_1^1 — математическое ожидание для одной скважины и одного интервала; s — площадь горизонтальной проекции фигуры сечения интервала нарушением; S — общая площадь участка.

Если участок включает два или более смежных стратиграфических интервала, то математические ожидания по каждому из них складываются, увеличивая таким образом шанс встречи нарушения одной скважиной:

$$M_1 = M_1^1.$$

Общее же математическое ожидание M будет равно произведению математического ожидания для одной скважины на общее число пробуренных скважин n :

$$M_1 = M_1 n.$$

Следовательно, величина M увеличивается по мере увеличения числа пробуренных скважин.

Если величина $M > 1$, то можно считать, что все нарушения данного типа и класса на территории участка или ее части, покрытой разведочной сетью данной плотности, выявлены. Если же $M < 1$, то можно ожидать, что общее число таких нарушений N на участке составляет:

$$N = \frac{N_1}{M},$$

где N_1 — число встреченных скважинами нарушений.

Таким образом, достоверность выявления нарушений данного класса составит:

$$D = \frac{N_1}{N},$$

или, что то же самое, $D = M$.

Более детальный анализ предусматривает определение математического ожидания пересечения горизонтальной проекции фигуры сечения интервалов линией разведочного профиля, а для нарушения, попавшего в профиль — математического ожидания встречи его скважиной при данной густоте скважин в профиле, что дает возможность рассчитать вероятное

число нарушений раздельно по частям территории с различной плотностью разведочной сети.

Из всего рассмотренного материала можно сделать следующие **выводы**:

1. Достоверность пространственных геологических моделей представляет собой комплекс оценочных характеристик, принимающих разные значения как для различных параметров и элементов модели, так и для различных участков конкретного блока. Часть из них может быть охарактеризована количественно, другая — только качественно. Многообразие и неоднородность геологических объектов и их внутреннего строения не позволяет характеризовать достоверность геологических моделей единым интегрированным показателем.

2. Предложенные подходы к оценке достоверности отдельных элементов моделей могут способствовать выделению и оконтуриванию подсчетных блоков с более высокими категориями запасов, чем при интегральной качественной оценке, применявшейся ранее [5]. В то же время, выделение необоснованных участков моделей позволит при дальнейшем изучении месторождения сфокусировать внимание на локальных участках.

Исследование выполнено в рамках программы Отделения наук о Земле (ОНЗ) РАН «Развитие технологий мониторинга, экосистемное моделирование

и прогнозирование при изучении природных ресурсов в условиях аридного климата».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В. Н. Генетические основы морфологии угольных пластов. — М.: Недра, 1973.
2. Геологический словарь. Т. 1. — М.: Недра, 1976. С. 238.
3. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев. — М., 1983.
4. Клер В. Р. Изучение и геолого-экономическая оценка качества углей при геологоразведочных работах. — М.: Недра, 1975.
5. Математические методы моделирования в геологии: Учебник / Г.С.Поротов. — С-Пб., 2006.
6. Погребнов Н. Н. Зависимость достоверности структурных построений от густоты разведочной сети при разведке угольных месторождений (на примере Южно-Каменского участка Восточного Донбасса) // Сборник НСО. № 8. — М.: Изд-во Московского гос. ун-та, 1972. С. 176—184.
7. Погребнов Н.Н., Троценко В.В. Информационное обеспечение интерпретации геологических структур угольных месторождений // Геология угольных месторождений. Межвузовский научный тематический сборник. Вып. XXI. — Екатеринбург, 2001. С. 76—85.
8. Справочник по математическим методам в геологии. — М.: Недра, 1987.
9. Macedonio G., Pareshi M.T. An Algorithm for the Triangulation of Arbitrarily Distributed Points: Applications to Volume Estimate and Terrain Fitting // Computers & Geosciences. Vol. 17. № 7. 1991. P. 859—874.

УДК 553.04

В.Т.Покалов, В.А.Донченко, 2008

Проблемы минерально-сырьевой базы черной металлургии России и пути их решения

В.Т. ПОКАЛОВ, В.А. ДОНЧЕНКО (ВИМС)

В мире в 2007 г. выплавлено 1343,5 млн. т стали. На долю Китая приходится более 1/3 (489 млн.т), в России произведено стали порядка 72 млн. т (5,4%).

Ретроспективный анализ статистических данных по добыче и потреблению железной руды и легирующих металлов в XX в. в странах рыночной экономики показывает очень неравномерное развитие добычи, хотя наметилась очень устойчивая тенденция: до начала 60-х годов темпы роста добычи практически всех легирующих металлов соответствовали темпам роста добычи железа, но со второй половины 60-х годов добыча Mo, V и Ni стала опережать, а W и Mn отставать от темпов роста добычи железной руды. Обусловлено это было, с одной стороны, созданием новых марок качественной стали и более широким ее использованием в технике, с другой, снижением удельного потребления Mn на 1 т выплавляемой стали в результате перехода на новые

способы ее выплавки — кислородно-конверторный и электроплавка [2].

С середины 60-х годов в сталелитейном производстве стал шире применяться ниобий, особенно в сочетании с молибденом. Относительно Cr и Ti можно сказать, что рост выплавки стали не повлек за собой столь же высокие темпы добычи руд этих металлов.

В целом за вторую половину XX в. производство и потребление сырья для черной металлургии выросло в 10—14 раз. В первой четверти XXI в. достигнутые темпы роста производства и потребления этого сырья, по-видимому, сохранятся. Как видно на рис. 1, в 2007 г. темпы прироста видимого потребления стальной продукции в мире составили 6%, возросли они в Азии и странах Ближнего и Дальнего Востока (до 9%), Южной Америке (6%), Северной Америке

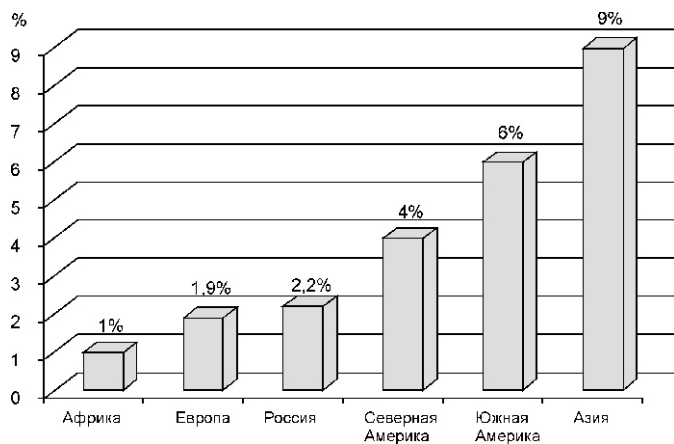


Рис. 1. Темпы прироста потребления стальной продукции в 2007 г.

(4%), ЕС (1,9%), Африке (менее 1%). В 2008 г. рост потребления стали ожидается на таком же уровне [1].

Рекордным по выплавке стали в Российской Федерации был 1988 г. — 95 млн.т. Затем наступил спад, который с 1992 г. приобрел кризисный характер и продолжался до 1998 г. (43,7 млн.т), после чего наступил медленный подъем.

Экономическая мощь государства определяется количеством и качеством потребляемого металла на душу населения в год. Между тем этот показатель в настоящее время в России резко снизился и составил в 2006 г. 220 кг, а в кризисный период был в 1,5—2,0 раза ниже. В это же время в США 520 кг, Германии 620 кг, т.е. в России в 2,5-3,0 раза ниже.

Черная металлургия России в значительной степени работает на экспорт, который составляет 60—62% от всего производства. В основном экспортируется низкокачественная продукция. Экспортируется также около 22% добываемой товарной руды железа и концентрата. Потребление стали в России к 2012 г. должно быть на уровне 500—600 кг на душу населения в год, т.е. общее производство должно возрасти до 95—100 млн.т. При этом, внутреннее потребление должно составлять 75—80%. Без этого вряд ли можно рассчитывать на создание мощного процветающего государства. В последние годы (2004—2006) ежегодное увеличение выплавки стали составляло 6—7%, по-видимому, в соответствии с задачей увеличить ВВП в 2 раза. Однако с апреля 2007 г. этот рост резко снизился и за 2007 г. был на уровне 2,2%.

Спрос будет возрастать на качественные стали нержавеющей, жаростойкую для труб большого диаметра, машиностроения, автомобильной промышленности, оборудования тепловых электростанций, железнодорожных рельс и др. Поэтому проблема обеспечения металлургической промышленности Российской Федерации черными и легирующими металлами остается острой, особенно по Mn, Ti, Cr, Mo, а также W и Nb.

Созданная минерально-сырьевая база России по большей части дефицитных и стратегических полезных ископаемых невысокого качества и не была особо привлекательна в инвестиционном отношении [3], поскольку транснациональные компании разрабатывают месторождения с рудами преимущественно более богатыми, чем отечественные и те, что в отработке, и те, которые числятся на балансе и находятся в резерве (рис. 2). Однако резкий рост потребления минерального сырья в последние годы и снижение качества добываемых руд во всем мире, сопровождающийся ростом цен на минеральное сырье, заставляет по иному оценить созданную в России сырьевую базу и с оптимизмом смотреть в будущее.

Динамика роста цен достаточно различна по видам минерального сырья. Так, за последние 5 лет (2002—2007) цены выросли на железорудную продукцию (кусковые руды, концентраты, окатыши) в среднем в 3 раза; на хромовые руды и концентраты — в 1,5 раза, на феррохром более чем утроились; на марганцеворудную продукцию — в 1,3 раза; на вольфрамовое сырье — в 4—5 раз. Наиболее значительный рост цен наблюдался на молибденовые продукты (в 10 раз). Вместе с тем практически без изменения остались цены на титановые (ильменитовые) концентраты, но титановая «губка» подорожала в 5 раз. Таким образом, значительный рост цен на рудную продукцию сырьевого комплекса — важнейший фактор переоценки минерально-сырьевой базы в сторону существенного повышения ее инвестиционной привлекательности. И как следствие очень большая группа месторождений в последние два года (2006—2007) перешла из нераспределенного фонда в распределенный. Можно предположить, что этот процесс будет продолжаться.

Одной из наиболее возможных групп инвесторов, могут быть предприятия металлургии и переработки, т.к. они в первую очередь заинтересованы в минеральном сырье. Кроме того, это могут быть предприятия нефтяного и газового комплексов, реально рас-

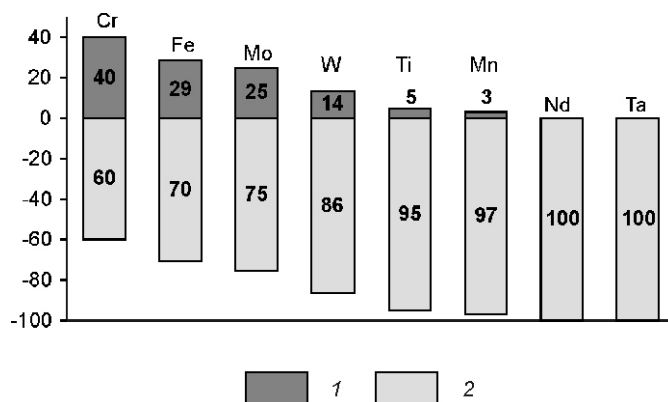


Рис. 2. Качество руд черных и легирующих металлов:

1 — мировой уровень и выше; 2 — ниже мирового уровня

полагающие большими финансовыми ресурсами. Учитывая значительный минерально-сырьевой потенциал России, развитие отечественной промышленности видится на основе всесторонней интеграции с добывающими отраслями. Наиболее перспективной организационной формой такой интеграции при всесторонней поддержке государства, возможно, станет создание крупных финансово-промышленных групп, корпораций межотраслевого профиля, которые могли бы конкурировать с транснациональными корпорациями Запада.

Важно также уже в настоящее время определить минимально оптимальный объем потребления легирующих металлов. К 2010 г. практически необходимо перейти полностью на выплавку стали кислородно-конвертерным способом и электроплавкой. Это позволит сократить удельное потребление марганца. Совершенствование технологии легирования стали молибденом и все возрастающий спрос на нее привели к тому, что мировое потребление превысило 200 тыс. т. Новые марки стали для труб разного назначения, в т.ч. и большого диаметра, с содержанием Mo 0,1—0,3%, еще больше повысят спрос на него и на мировом рынке, и в России.

Определенный интерес представляет проблема микролегирования стали Ni , Ti , W , B , что может привести к улучшению качества выплавляемой стали и экономии расхода легирующих металлов. Вместе с тем решать сырьевую проблему необходимо проводя исследования в двух направлениях:

разработка новых и усовершенствование известных технологий добычи и переработки минерального сырья с целью создания на фоне роста цен на минеральное сырье более экономичного производства и повышения инвестиционной привлекательности резервных месторождений;

укрепление и качественное улучшение минерально-сырьевой базы в результате выявления новых месторождений с качественными рудами в малоизученных и закрытых районах. Для этого, прежде всего, необходимо шире проводить полноценные поиски и оценочные работы на основе новых и модернизированных технологий. Создавшаяся ситуация требует комплексного решения ряда задач,

Переработка сырья. Проведенный анализ состояния технологии переработки и технологической изученности существующей минерально-сырьевой базы черной металлургии России, позволил рекомендовать наиболее современные методы обогащения руд и обосновать выбор первоочередных объектов для их быстрейшего промышленного освоения.

Технологические факторы действуют в нескольких направлениях. Одно из них связано с совершенствованием известных или внедрением новых систем переработки сырья, обеспечивающих получение известных товарных продуктов с более высокими, чем прежде, технико-экономическими показателями. Это

достигается как за счет снижения затрат, так и за счет повышения показателей извлечения. Сюда же относится повышение комплексности использования руд за счет извлечения попутных рудных и нерудных компонентов. Другой подход наблюдается при использовании минерального сырья с целью получения новых товарных продуктов в результате применения принципиально новых технологий. При этом товарные продукты могут быть или более ценными, или получены с меньшими издержками, или применяться в новых областях. Так, за счет повышения комплексности использования сырья и получения новых видов товарной продукции по Усинскому месторождению марганца рентабельность отработки возросла с 10 до 23%.

Один из путей достижения поставленной цели — применение наиболее современных методов предварительного обогащения, улучшающих качество руд за счет вывода в отвал значительного количества (до 50-60%) породы с содержанием ценного компонента ниже бортового. Во многих случаях это позволяет забалансовые руды переводить в кондиционные. Ведущая роль здесь принадлежит радиометрическим методам обогащения (РМО) — рентгенорадиометрическим, фотометрическим и другим сухим и универсальным по своей природе. Положительный опыт применения радиометрического обогащения получен на карбонатных марганцевых рудах (месторождения Усинское, Порожинское и др.), хромитовых (Аганозерское и др.), ильменит-титаномагнетитовых (Куранахское) и др. Без радиометрических методов обогащения переработка марганцевых руд России становится убыточной. Отсюда необходимость определения контрастности руд как первого этапа их технологического изучения на месторождениях практически всех металлов.

Для железных руд магнетитового или титаномагнетитового типа наиболее рациональны магнитные крупнокусковые методы предобогащения, построенные на постоянных магнитах высоких энергий.

Большую роль в повышении эффективности методов глубокого обогащения играют сухие методы измельчения, основанные на высокоскоростном центробежно-ударном разрушении горной массы. Применение дробильно-измельчительных машин, использующих как этот принцип, так и принцип сводного удара, позволяет резко повысить селективность раскрытия ценных минералов и снизить уровень шламообразования. В результате значительно повышаются показатели глубокого обогащения на фоне снижения уровня энергопотребления.

Другой путь — разработка комбинированных обогатительно-, пиро- или гидрометаллургических технологий с предварительной механоактивацией. С этим связаны возможности повышения извлечения полезных компонентов (Mo , W и др.) в цикле обогащения. Число перемешивающих операций во флотации

сокращается, а получаемые низкосортные концентраты и промпродукты далее поступают на переработку химико-металлургическими методами, в результате чего снижаются расходы, повышается извлечение, а также появляется возможность доизвлечения полезных компонентов из крупнозернистых фракций отвалных хвостов обогащения.

Весьма эффективно применение комбинированных технологий для обогащения и переработки руд, имеющих сложный комплексный состав. В частности, из карбонатитовых ниобий-полевошпатовых руд Большетагнинского месторождения может быть получен ряд товарных продуктов — пироклоровый, апатитовый и высококачественный калиево-полевошпатовый концентраты. Реализация таких концентратов существенно повышает экономический потенциал объекта. Примером комплексного использования руд могут служить и титан-циркониевые россыпи, разработка которых может быть рентабельной при реализации не только рудных концентратов (ильменитовые, рутиловые, цирконовые), но и нерудной (кварцевой или кварц-полевошпатовой) составляющей продуктивных песков.

С целью направленного изменения свойств рудных минералов с переводом их в состояние наиболее благоприятное для последующего передела необходимо создать новые физико-химические и биологические методы воздействия на минеральное сырье. Более решительного применения заслуживают методы, основанные на использовании бактерий в технологических процессах.

Таким образом, прогресс в технологии переработки руд — один из главных условий расширения сырьевой базы черной металлургии.

Важным инструментом эффективной разработки резервных месторождений может быть активное внедрение в практику новых технологий добычи руд. Например, в районе КМА разведано около 4 млрд. т рыхлых богатых железных руд, залегающих в корах выветривания джеспилитов на глубинах 400—1200 м. Хорошо известно об опыте применения на месторождениях Шамраевское и Гостищевское способа скважинной гидродобычи. В результате был получен богатый металлургический концентрат бесшахтным способом. При этом рентабельность отработки достигала 30—40%. Этот же метод может быть применен для освоения глубокозалегающих россыпей, о чем свидетельствуют опытно-промышленная эксплуатация Тарского месторождения в Омской области.

Обеспеченность сырьем промышленных предприятий. По запасам разведанного и оцененного железорудного сырья мы находимся на первом месте в мире. Однако и здесь имеются проблемы. С одной стороны, качество — среднее содержание в добываемой руде Fe 33%, против 49% за рубежом, с другой, — необеспеченность металлургических заводов Ура-

ла и Западной Сибири местным сырьем, к тому же цены на железную руду Казахстана все время растут. Будем надеяться, что для Уральских заводов эта проблема в определенной степени будет решена в процессе геологоразведочных работ в зоне прокладки намечаемой железной дороги Урал Промышленный — Урал Полярный.

Марганец. Металлургические заводы фактически работают на привозном сырье. Остроту проблемы обеспечения металлургических заводов Урала марганцем можно снять наладив эксплуатацию небольших марганцевых месторождений Урала; они представлены на 90—95% карбонатными рудами с шапкой оксидных. Их освоение не потребует больших капитальных затрат, но существенно снизит импорт. Подобные же месторождения имеются и в Кемеровской, Иркутской, Читинской областях и других и при квалифицированной технологии добычи и обогащения руд — это заметные сырьевые источники марганца для металлургических заводов Сибири.

Однако, если не полное, то существенное решение проблемы в настоящее время видится в освоении двух крупных месторождений — Порожинское в Красноярском крае и Усинское в Кемеровской области. Для этих месторождений принципиально решены задачи добычи и обогащения карбонатных и оксидных руд и их освоение в большой степени снижает импортную зависимость черной металлургии России по марганцу.

Хром. В настоящее время добыча Cr на уровне 50% от потребления. Для решения проблемы обеспечения промышленности России хромом необходимо создать новые добывающие предприятия на базе Центрального и других месторождений Рай-Изского массива легкообогатимых хромовых руд на Полярном Урале и Аганозерского месторождения небогатых хромовых руд с тонкими и мелкими зёрнами хромшпинелида в Карелии. Разрабатываемое Сарановское месторождение обеспечивает потребность России Cr всего лишь на 12%.

Титан. Добычи практически нет. В первую очередь целесообразно вовлекать в эксплуатацию россыпные месторождения, которые могут быть освоены в короткие сроки при относительно небольших капитальных вложениях. Это месторождения Томской, Иркутской, Омской областей и Северного Кавказа. В Сибири возможно создание крупнейшей базы, стабильно обеспечивающей потребность промышленности России в титановом и циркониевом сырье. Перспективными для освоения являются месторождения Бешпагирское в Ставропольском крае, Лукояновское в Горьковской и Центральное в Тамбовской областях.

Молибден, вольфрам. Достижение проектных мощностей на действующих горнообогатительных комбинатах Жирекенского, Сорского, может несколько повысить обеспеченность промышленности

молибденом и вольфрамом. Однако необходимо создать новые предприятия, чтобы обеспечить добычу Мо на уровне 13—15 тыс.т, а W 8—10 тыс.т, в первую очередь на базе Бугдаинского молибденового месторождения в Читинской области и затем Ореkitканского в Бурятии, а также вольфрамовых — Кти-Тебердинского (Северный Кавказ) и Забытого (Приморье). Вовлечение в эксплуатацию новых молибденовых и вольфрамовых месторождений избавит Россию от импорта молибдена, а появление новых вольфрамовых месторождений снимет остроту проблемы на перспективу, поскольку в ближайшие 6—8 лет запасы ряда вольфрамовых месторождений (Светлое, Восток-2, Лермонтовское, Бом-Горхон и др.) с рудами высокого и среднего качества будут исчерпаны и добыча вольфрама резко упадет. По вольфраму необходимо решить проблему возобновления эксплуатации месторождений Тырнаузское, Спокойнинское, а также Джидинского рудного поля.

Ниобий. Возросшие потребности в ниобии и редкоземельных металлах цериевой группы частично могут быть решены за счет расширения мощности Ловозерского комбината (Кольский полуостров), но главным образом путем вовлечения в промышленную отработку новых месторождений: в России в запасе Белозиминское и Большетагнинское в Иркутской области, а также Томторское в северной Якутии. При этом только за счет переоценки запасов по Белозиминскому месторождению итоговые технико-экономические показатели могут быть повышены не менее чем в 2 раза.

Сырьевая база *плавикового шпата* способна обеспечить нужды отечественной промышленности во флотационном флюоритовом концентрате. Однако как и прежде, основная проблема — это обеспечение металлургического производства крупнокусковым сырьем. Конечно можно обойтись флюоритовыми окатышами и брикетами, но для реализации этой проблемы необходимы значительные инвестиции. В ближайшие годы импорт сохранится.

Резерв ряда дефицитных металлов — их попутное получение на разрабатываемых месторождениях различных полезных ископаемых и использование с этой же целью техногенных накоплений. Первоочередные объекты — ПО «Апатит» (попутное получение титана из сфеновых и титаномагнетитовых кон-

центратов; ниобия и тантала из сфеновых концентратов, редких земель и стронция из апатитовых концентратов); ОАО «Ярославский ГОК» (попутное получение Be, Li, Cs, Rb из хвостов обогащения флюоритовых руд), ОАО «Ковдорский ГОК» (повышение извлечения бадделеита из текущих руд и техногенных образований), ряд горнообогатительных комбинатов, отрабатывающих месторождения песчано-гравийных смесей и кварцевых песков (попутное получение ильменитовых, рутиловых, цирконовых концентратов и золота) и др.

Поиски новых месторождений. После распада СССР металлургическая промышленность России по ряду полезных ископаемых потеряла свои главные сырьевые базы. Это обуславливает необходимость проведения поисковых и поисково-оценочных работ с целью создания новых рентабельных и конкурентоспособных минерально-сырьевых баз. Перспективы решения такой задачи, безусловно, имеются, поскольку мы обладаем большими прогнозными ресурсами, а изученность территории ниже, чем во многих развитых странах. Геологической съемкой масштаба 1:200 000 покрыто не более 85% территории, 1:50 000 — 20%. Современным требованиям первая отвечает на 65%, вторая — на 40%. По настоящему мы еще не приступили к поискам слабо проявленного и не проявленного на дневной поверхности оруденения. И хотя с этим связаны большие затраты, но именно здесь сосредоточен значительный потенциал еще не выявленных месторождений.

Решение всех перечисленных задач потребует крупных инвестиций и четкой организации работ разных направлений, но все это должно быть ориентировано на достижение единой цели — обеспечение отечественной черной металлургической промышленности качественным минеральным сырьем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Информация* руководителю // —М.: ОАО «Черметинформация», 2007—2008.
2. *Покалов В.Т.* Черные и легирующие металлы. Прогноз и проблемы // Национальная металлургия . 2002. № 1. С. 3—8.
3. *Покалов В.Т.* Отечественное минеральное сырье — основа развития металлургического комплекса // Разведка и охрана недр. 2005. №6. С. 9—13.

НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ имени АКАДЕМИКА В. И. СМИРНОВА

В. И. СТАРОСТИН, Д. Р. САКИЯ (МГУ им. М.В.Ломоносова)

Выдающийся русский геолог, исследователь месторождений полезных ископаемых академик Владимир Иванович Смирнов родился в 1910 г. в г. Москва в семье мелких коммерсантов. В 1926—1929 гг. он работал токарем на заводе Мосмаштрест; с 1929 по 1934 гг. учился сначала в Московской горной академии, а затем в Московском геологоразведочном институте (МГРИ). Уже в студенческие годы Владимир Иванович принимал активное участие в производственной работе. В 1931 г. он — коллектор, производитель работ геологического отдела рудника Эльбрус (Северный Кавказ), а в 1932 г. — геолог рудника Верхний (Дальний Восток).

Владимир Иванович прошел тернистый путь познания жизни. Первое серьезное профессиональное испытание в его жизни произошло в военные годы. В это время он работал в Средней Азии сначала старшим геологом Кадамджайского сурьмяного комбината, а затем заместителем директора и главным геологом Хайдарканского ртутного комбината. После потери Никитовского месторождения ртути в Донбассе (основного поставщика ртути) — важного компонента взрывчатых веществ — перед страной встала грандиозная проблема — срочно найти новые источники получения этого стратегического металла. В условиях жесткого лимита времени, отсутствия средств, кадров и необходимых данных исследовательских работ В.И.Смирнову удалось буквально на пустом месте организовать производство Хайдарканского комбината и превратить его в крупнейшего производителя ртути в стране, полностью обеспечившего нужды военной промышленности.

В.И.Смирнов, окончив МГРИ, принимает предложение остаться в институте. Здесь он проходит путь от аспиранта-ассистента кафедры геологоразведочного дела до декана факультета, начальника научно-исследовательского сектора института. В этот же период (1934—1937) он — начальник партии, затем группы партий Таджикско-Памирской экспедиции; позже (1937—1941) — консультант Кыргызского геологического управления, главный геолог Хайдарканского ртутного комбината (1941—1944). В период с 1946 по 1951 гг. В.И.Смирнов был председателем Всесоюзной комиссии по запасам полезных ископаемых и заместителем министра геологии СССР. По материалам изучения рудных полей Средней Азии Владимир Иванович защитил кандидатскую (1938) и докторскую (1945) диссертации. Ему было присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники Кыргызской ССР.

В 1958 г. В.И.Смирнов был избран членом-корреспондентом, а в 1962 г. — действительным членом АН



СССР. В Академии наук он избирался академиком-секретарем отделения геологии, геофизики и геохимии, членом Президиума Академии. Владимир Иванович принимал деятельное участие в работе Высшей аттестационной комиссии как член геологической секции и председатель совета по защите докторских диссертаций.

Свыше 30 лет В.И.Смирнов работал в Комитете по Ленинским и Государственным премиям в области науки и техники, являясь в течение 20 лет председателем его геологической секции. Он входил в состав редколлегий ряда журналов, был членом редакционного совета Большой советской энциклопедии и более 15 лет главным редактором журнала «Геология рудных месторождений». Дважды Владимир Иванович избирался первым вице-президентом Международной ассоциации по генезису рудных месторождений и дважды — вице-президентом Международного союза геологических наук. В.И.Смирнов был членом геологических обществ Венгрии, Югославии, США, Франции, Болгарии, Индии, членом Сербской акаде-

мии наук и искусств, Почетным членом Венгерской академии наук. Его научные заслуги признаны за рубежом и отмечены орденом Кирилла и Мефодия I степени (Болгария), Золотой медалью К.Охридского (Болгария), большими серебряными медалями Ф.Попешного (Чехословакия) и С. фон Бубнова (ГДР).

С именем В. И.Смирнова связана целая эпоха в изучении геологии рудных месторождений. В течение 20 лет Владимир Иванович возглавлял Научный совет по рудообразованию. Организованные под его непосредственным руководством 11 всесоюзных металлогенических совещаний (1958—1987) представляли собой мощный инструмент координации усилий многотысячной армии геологов-разведчиков, поисковиков, разработчиков месторождений полезных ископаемых.

В.И.Смирнов был превосходным педагогом. Почти 55 лет его жизни связаны с высшей школой: сначала он преподавал в МГРИ, затем в Московском институте цветных металлов и золота. Почти 40 лет Владимир Иванович руководил созданной им кафедрой полезных ископаемых в Московском университете им. М.В.Ломоносова. Владимир Иванович Смирнов разработал и читал курсы лекций по поискам и разведке полезных ископаемых, методике подсчета запасов минерального сырья, геологии полезных ископаемых, металлогении. Основные направления научных исследований В.И.Смирнова были связаны с: 1) созданием учения о генезисе полезных ископаемых; 2) разработкой кардинальных проблем металлогении; 3) совершенствованием методики поисков и разведки полезных ископаемых. По этим разделам он читал лекции и выступал с докладами в университетах США, ФРГ, Индии, Болгарии, Югославии, Польши, ГДР и Китая. Его лекции отличались научным совершенством, яркостью и высоким ораторским искусством. Всего им опубликовано около 1000 научных трудов, в т.ч. 28 книг.

В целом научные исследования В.И.Смирнова были ориентированы на решение важнейших проблем геологии, методов поисков, разведки и прогнозной оценки эндогенных месторождений полезных ископаемых. Исследование главнейших рудных провинций СССР позволило ему провести металлогенический анализ всей территории страны и ее важнейших провинций; определить общие закономерности эндогенного рудообразования от архейского до альпийского цикла; установить полицикличность рудообразования отдельных провинций и месторождений; выявить региональную металлогеническую зональность, главнейшие особенности металлогении континентов, дна океанов и переходных зон. За участие в разработке проблемы связи месторождений с палеовулканизмом В.И.Смирнову присуждена Ленинская премия (1972).

Владимир Иванович создал теорию рудообразования вулканогенных формаций, согласно которой колчеданные месторождения пространственно и генетически связаны с кислыми производными подводного

базальтового вулканизма. Он установил полихронность стратиформных месторождений, несущих черты как сингенетического происхождения на раннем этапе их формирования, так и эпигенетического образования, связанного с деятельностью подземных горячих минерализованных вод на позднем этапе. Эти работы были удостоены Государственной премии СССР (1986). В.И.Смирнов открыл несколько редкометалльных, ртутных, свинцово-цинковых месторождений, составил первую для нашей страны металлогеническую карту.

Владимир Иванович Смирнов был подлинным энциклопедистом, глубоко разбирающимся в проблемах происхождения, поисков, разведки, оценки и добычи минерального сырья. Работа В.И.Смирнова на постах заместителя министра геологии СССР, председателя ГКЗ и других может служить образцом высочайшей организованности, концептуальной четкости и весьма эффективного ведения производства. За какое бы дело не брался Владимир Иванович, все озарялось ярким светом таланта, тонкого и объективного понимания уровня развития теоретической и практической геологии. Признанием выдающихся заслуг В.И.Смирнова явилось присуждение ему звания Героя Социалистического Труда с вручением Золотой медали «Серп и молот», награждение тремя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени, а также Золотой медалью имени А.П.Карпинского.

Судьба предоставила Владимиру Ивановичу счастливую возможность применить свои специальные геологические и педагогические принципы на практике. Наиболее полно они были воплощены в деятельности созданной им в Московском государственном университете кафедры полезных ископаемых — первой подобного рода в системе высшего университетского образования в СССР. В ней был воплощен новый подход, сближающий особенности подобных кафедр в развитых странах мира, главным образом в США, и некоторые черты близких по профилю кафедр в геологоразведочных институтах, таких как Московского геологоразведочного института и Института цветных металлов и золота, где Владимир Иванович ранее работал. Новизна заключалась в четкой практической направленности геологического образования.

В.И.Смирнов был всесторонне развитым человеком. Он интересовался художественной литературой, живописью, занимался спортом, принимал активное участие в хоккейных играх со студентами. Поражает фантастическая работоспособность и широта профессиональных интересов В.И.Смирнова. В начале педагогической деятельности на геологическом факультете МГУ он с удовольствием читал лекции почти по всем основным дисциплинам кафедры полезных ископаемых. Однако главным его предметом стал курс «Геология полезных ископаемых», по материалам которого позже был опубликован одноименный фундаментальный труд, выдержавший четы-

ре издания у нас в стране и переведенный на английский, французский, немецкий, японский языки.

Научная новизна и неповторимость этого произведения заключались прежде всего в изменении всей системы описания месторождений полезных ископаемых. К моменту выхода в свет книги В. И. Смирнова в мировой литературе уже существовали непререкаемые авторитеты — Ч. Парк, В. Эммонс, Р. Макдиармид, В. Линдгрэн, Г. Шнейдерхен и многие другие. Американо-канадская школа геологов-рудников, задававшая тон в этой области, особые акценты делала на статическом изучении структуры и геологического строения месторождений. Историзм процесса рудообразования чаще просто декларировался, или вообще не рассматривался. Обобщив мировой экспериментальный и аналитический материал, В. И. Смирнов впервые придал важную роль физико-химическим условиям рудообразования. Он внес новейшие достижения геохимии, экспериментальной минералогии, петрологии и литологии в генетическую модель промышленных типов месторождений.

Другим исключительно важным моментом была разработка концепции о полихронности и полигенности формирования рудных месторождений. Это вдохнуло новый импульс в познание минеральных ресурсов. Месторождения, некогда однородные по условиям возникновения, но фактически разные по составу руд, стали приобретать неповторимые индивидуальные черты. Выделяются периоды зарождения, рассеивания или наоборота концентрации рудного вещества. Важно было понять, с какой стадией эволюции месторождения мы имеем дело, и в связи с этим, какой парагенетический состав руд оно может содержать.

Несомненна заслуга Владимира Ивановича в открытии тысяч месторождений на территории стран СНГ и бывших социалистических государств. Как в ранний период своей творческой жизни, когда он принимал ответственные решения в производственной сфере, так и позже, на сугубо научном поприще, он всегда был на переднем крае исследований. Он первым в отечественной геологической литературе поддержал и развил идеи немецкого геолога Г. Шнейдерхена о регенерации многих типов постмагматических рудных залежей.

Академик В. И. Смирнов — мировой лидер в области рудной геологии, создатель современного учения о геологии полезных ископаемых и металлогении. Ему принадлежит важная роль в разработке одной из наиболее блестящих и ярких рудногенетических концепций XX в. — теории о вулканогенно-осадочном рудообразовании. Эта теория вдохнула новую жизнь во многие горнорудные провинции мира (Урал, Алтай, Кавказ и др.). Были открыты десятки крупных полиметаллических месторождений, тесно связанных с древними подводными вулканами.

Среди научных достижений Владимира Ивановича могут быть отмечены: разработка рациональных

приемов оценки запасов минерального сырья в недрах и систем геологической разведки, совершенствование генетической классификации месторождений полезных ископаемых, анализ связей палеовулканизма с формированием рудных месторождений, разработка основ металлогенического анализа для разных тектономагматических регионов земной коры. Его авторитет в этих областях знаний был основан на широком личном знакомстве с различными рудными месторождениями мира.

В. И. Смирнов посетил 33 страны в роли участника и главы советских научных делегаций, лектора, эксперта, консультанта, где познакомился с 361 месторождением полезных ископаемых. По занимаемому положению в отечественной научной элите и по личным качествам Владимир Иванович — естественный участник всех значительных конгрессов, совещаний и симпозиумов как в бывшем СССР, так и за рубежом.

Жесткая целеустремленная натура Владимира Ивановича, с одной стороны, привлекала к нему многих энергичных честолюбивых лиц, главным образом молодых работников. Некоторых же соратников старшего поколения эти черты характера смущали. С другой, не мог он не видеть того, что около него, как и около любого человека, наделенного определенными возможностями влиять на служебные продвижения, вертелись иногда малопрофессиональные люди и карьеристы. Этим и объясняются его резкие, не всегда заслуженные высказывания в адрес тех или иных деятелей.

В. И. Смирнов быстро и достаточно объективно оценивал людей. Внутренний и внешний мир его укладывался в строгую систему, четкие рамки. Он постоянно работал над собой, не позволяя себе расслабляться. Ведя любое совещание, он заранее, до мелочей, все продумывал и подготавливал. И в итоге твердо, без видимых усилий, проводил в жизнь необходимое, по его мнению, решение. Стиль работы В. И. Смирнова — это идеал делового руководства: быстрое компетентное принятие решения; твердое неукоснительное его выполнение; полное отсечение барской болтовни и пустопорожней риторики. Он ценил и любил время, терпеть не мог необязательных неточных людей.

Общение с Владимиром Ивановичем требовало полной мобилизации сил и сильного внутреннего напряжения. Прежде чем обратиться к нему, любой сотрудник или коллега всегда тщательно готовился и старался максимально четко и кратко изложить суть своего вопроса. Это касалось не только студентов и близких сотрудников, но даже маститых ученых его поколения. За его неторопливой краткой манерой выражать свои мысли скрывалась редкая способность говорить и писать в лаконичной конкретной форме.

Воздействие личности В. И. Смирнова на сотрудников, учеников и коллег было настолько велико, что многие его привычки, приемы, суждения и реакции вошли в плоть и кровь работавших с ним людей. Он обладал даром создавать монолитный, удивительно

работоспособный коллектив. Среди его коллег и соратников были крупнейшие геологи нашего времени — Ч.Парк, Е.Ингерсон, Д.Ридж (США), С.Девидсон (Англия), Р.Зуффарди (Италия), С.Янкович (Югославия), Т.Ватанабе (Япония), З.Поуба (Чехословакия), Р.Фоллинсби, Р.Боил (Канада), И.Костов (Болгария), В.М.Крейтер, А.Д.Щеглов, Г.А.Твалчрелидзе, В.Н.Щерба, А.Каюпов, Я.Н.Белевцев, Л.Н.Овчинников, В.А.Кузнецов и много других.

В пасмурный дождливый день 16 июня 1988 г. ушел из жизни Владимир Иванович Смирнов. Его уход совпал с завершением эпохи динамичного XX в. в развитии металлогении и учения о месторождениях полезных ископаемых, многие блестящие достижения которой связаны с именем В.И.Смирнова. Это был также период-предвестник глубоких потрясений в истории Земли, приведший к распаду Советского Союза и коренным изменениям на политической карте мира.

До последней минуты своей жизни В.И.Смирнов не прекращал научную деятельность. Это была личность, которая объединяла все направления не только в теоретической, но и практической геологии. Около него всегда была ключом жизнь полная важными обсуждениями с учеными разного масштаба, геологами-практиками, чиновниками. Владимир Иванович был не просто крупным ученым, организатором производства и педагогом, но и объединяющим началом, индикатором уровня теоретической и практической мысли на протяжении деятельности целого поколения геологов.

После кончины Владимира Ивановича по инициативе сотрудников кафедры полезных ископаемых, созданной и руководимой им в течение 37 лет, и ведущих ученых геологического факультета МГУ (профессора В.Е.Трофимов, Б.А.Соколов, А.А.Маракушев и др.) решено было организовать ежегодные Смирновские научные чтения в день его рождения. Прежде всего, речь шла о том, чтобы заслушать ученых наиболее последовательно и ярко развивавших идеи В.И.Смирнова. Первые Смирновские чтения состоялись 31 января 1990 г. Эти чтения сразу же стали заметным событием в жизни геологического сообщества сначала в рамках Москвы и Санкт-Петербурга, а в последние годы и всей России. Ведущие ученые считают за честь выступить на этих чтениях.

Цикл чтений открылся фундаментальным докладом (в то время еще членом-корреспондентом РАН) А.Д.Щеглова «Тектонические режимы и рудные месторождения». На чтениях в 1991 г. один из ближайших соратников Владимира Ивановича — член-корреспондент РАН Л.Н.Овчинников выступил с докладом «Геологические основы прогноза рудных месторождений». Третьи чтения (1992 г.) полностью были посвящены фундаментальным и прикладным разработкам сотрудников кафедры полезных ископаемых геологического факультета МГУ, научный профиль которой был определен В.И.Смирновым. В серии докладов Г.Ф.Яковлева, В.В.Авдонина, Н.И.Ереми-

на, Ф.П.Мельникова и других были раскрыты разнообразные аспекты колчеданного рудообразования (структурные, палеовулканические, минералого-геохимические, термобарогеохимические).

На четвертых научных чтениях (1993) с докладами, посвященными теоретическим проблемам формирования рудных месторождений выступили ученики Владимира Ивановича Смирнова — В.И.Старостин (Деформационно-скоростная концепция образования рудоносных структур и их типизация) и А.И.Кривцов (Моделирование рудных месторождений). На этих чтениях многие геологи — ученики, последователи и соратники Владимира Ивановича внесли предложение создать общественный Фонд имени академика В.И.Смирнова. В инициативную группу вошли его преданные соратники, работающие в различных организациях страны: МГУ им. М.В.Ломоносова (В.Т.Трофимов, Б.А.Соколов, В.И.Старостин, Г.Ф.Яковлев, Ф.П.Мельников, Ю.С.Бородаев и др.); ЦНИГРИ (И.Ф.Мигачев, А.И.Кривцов); МГГА (В.М.Григорьев); АО «Полиметалл» (В.И.Воробьев); ВИМС (М.В.Воинов); Геолбанк (А.А.Сорокин); компания МАГКО (Э.А.Грязнов).

Организационное собрание состоялось 19 мая 1993 г. На этом собрании были намечены основные положения Устава, избрано правление в составе: председатель В.И.Старостин, заместители А.И.Кривцов и В.А.Калинин, ученый секретарь В.И.Воробьев. На предложение вступить в состав Фонда откликнулись крупнейшие вузы страны, в которых готовят кадры геологов — МГУ, МГГА, РУДН, НГТУ; ведущие научно-исследовательские институты России — ЦНИГРИ, ВИМС, ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ВИЭМС, ИЭМ, Институт геологии Карельского национального центра. И.Ф.Мигачев (директор ЦРИГРИ), в частности, сообщил: «Дирекция и ученые ЦНИГРИ поддерживают предложение о создании мемориального Фонда имени академика В.И.Смирнова. ЦНИГРИ готов стать соучредителем данного Фонда. В качестве представителя института в руководство Фонда рекомендуется профессор А.И.Кривцов». Создание Фонда активно поддержали Роскомнедра (председатель комитета В.П.Орлов) и Геолбанк (президент банка А.В.Дурандин). Основными целями в деятельности созданного Фонда были увековечивание памяти выдающегося российского геолога — академика В.И.Смирнова и развитие геологии и связанных с ней естественных наук. Фонд принял решение ежегодно присуждать премии научным сотрудникам и студентам, магистрантам и аспирантам вузов России на конкурсной основе.

Важно отметить, что Фонд имени академика В.И.Смирнова был создан в период когда отечественная наука и высшая школа находились в тяжелейшем материальном и морально-этическом состоянии. Поэтому он явился хоть и небольшим, но позитивным шагом ученых и преподавателей, производственни-

ков и некоторой части бизнесменов в сохранении лучших традиций Российской геологической школы. Фонд, аккумулируя поистине небольшие средства своих учредителей и сочувствующих, пытался максимально эффективно использовать их на поддержку затухающего в то время интереса в среде молодежи к важнейшим для страны проблемам геологической науки, обеспечивающей минерально-сырьевой фундамент нашего государства.

Пятые чтения, прошедшие уже под эгидой Фонда имени академика В.И.Смирнова в 1994 г., вызвали огромный общественный интерес: на них присутствовали представители практически всех учебных, научных и производственных геологических организаций г.Москва. Были также представители из городов России: Санкт-Петербург, Новосибирск, Екатеринбург и др. С докладами выступили академики РАН А.А.Маракушев «Новые аспекты в теории эндогенного рудообразования» и А.Д.Щеглов «Идеи В.И.Смирнова о полигенном рудообразовании и месторождение золота Витватерсранд».

На этих чтениях впервые Фонд присудил свои дипломы и премии ученым и студентам вузов России. Первыми лауреатами стали ученые А.А.Маракушев, А.Д.Щеглов и студенты С.В.Мишарин (МГУ), М.Н.Зверев (МГГА), П.Н.Князьков (РУДН), Е.П.Пшеничникова (С.-Пб. ГГИ), А.А.Висикайло (НГТУ). Почетный диплом за активное участие в организации Фонда присужден президенту Геолбанка А.В.Дурандину. Информация о создании Фонда и его деятельности была опубликована в ведущих геологических журналах (Вестник МГУ, МОИП, Отечественная геология, Руды и металлы) и газетах (Разведчик недр, Труд).

Правление Фонда приняло решение издать Смирновский сборник докладов ученых и материалов, связанных с деятельностью Фонда. В этом сборнике, выпущенном в 1994 г., были опубликованы достаточно полная биография В.И.Смирнова и разнообразные сведения о Фонде (положения о премиях, основная информация об уставе и др.). В обращении к читателям Смирновского сборника-1994, ректор МГУ В.А.Садовничий отметил: «Более 37 лет жизни академика В.И.Смирнова связаны с Московским государственным Университетом им. М. В.Ломоносова. Ученый мирового уровня и блестящий педагог, Владимир Иванович внес большой вклад в развитие геологической науки и подготовку кадров в нашей стране. Приветствую и поддерживаю создание общественного Фонда имени этого выдающегося ученого и надеюсь, что деятельность Фонда будет содействовать развитию геологии и других наук, прогрессу геологического образования в Московском университете».

Проректор МГУ В.Т.Трофимов отметил: «... Владимир Иванович тонко чувствовал и оказывал благотворное влияние и на другие ветви геологической науки (инженерная, нефтяная, историческая и дина-

мическая геология, гидрогеология, геофизика, горное дело и т. д.). В связи с этим специалисты самых разнообразных областей геологии находили понимание и деловые советы со стороны этого выдающегося ученого, организатора науки и педагога. Большая плеяда ведущих ученых и руководящих работников научных и производственных организаций обязаны своим продвижением поддержке В. И.Смирнова, который не только правильно оценивал интеллектуальный потенциал молодых специалистов, но и в дальнейшем на всех ступенях их карьеры оказывал решающую помощь. Ученые Московского университета приветствуют создание Фонда имени В.И.Смирнова и уверены, что традиции, установленные этим выдающимся ученым, будут преумножены его многочисленными учениками и последователями».

На шестых чтениях (1995), посвященных 85-летию со дня рождения В.И.Смирнова, говоря о роли Фонда в поддержке геологической науки и пропаганде идей Владимира Ивановича, его вкладе в высшее геологическое образование проректор МГУ В.Т.Трофимов предложил: «Чрезвычайно актуален вопрос о совершенствовании деятельности Фонда. В частности, было бы целесообразно выпуск Смирновского сборника сделать регулярными и ежегодными. Желательно практиковать спонсорство Фонда в проведении различных научных геологических конференций и симпозиумов. Учитывая, что Владимир Иванович долгие годы возглавлял кафедру и читал лекции студентам, стоило бы поддерживать премиями имени В.И.Смирнова и наградами разнообразные научные студенческие конференции».

И вот, начиная с 1995 г., материалы чтений регулярно издаются в Смирновских сборниках в новом, более объемном и многогранном формате (главный редактор В.И.Старостин; редакционная коллегия В.И.Воробьев, В.М.Григорьев, А.И.Кривцов). По сути дела, эти уникальные по содержанию научно-литературные сборники можно рассматривать как своеобразную энциклопедию жизни геологического общества России конца XX в. — начала XXI в. Они содержат, помимо зачитанных на чтениях докладов, обширные исторические и художественные материалы, написанные видными геологами. По меткому замечанию покойного академика В.А.Жарикова, если со временем значимость научных докладов будет определяться лишь их исторической ценностью, то значимость художественных произведений будет всегда в цене, привлекая одновременно внимание читателей и к геологическим работам.

Для Смирновских чтений характерны: высокий научный уровень докладов; широта затрагиваемых проблем, касающихся самых различных областей геологической сферы знаний; присутствие среди докладчиков представителей различных научных школ, определяющих прогресс геологической науки; сочетание представлений фундаментального характера с

проблемами прикладного, экологического и экономического значения.

Для Смирновских сборников специально написаны фундаментальные научные работы академиками и членами-корреспондентами РАН: В.Е.Хаиным «Средиземноморский подвижный пояс», «Минерагенез в тектонической истории Земли», Н.П.Лаверовым «Природные и техногенные концентрации радиоактивных элементов», Д.В.Рундквистом «Глобальная металлогения», Н.Л.Добрецовым «Рудообразование и глобальные геологические процессы: эволюция и проблемы периодичности», Н.А.Шилов «Вулканические пояса и их золотосеребряная минерализация», «Витватерсранд и проблема рудообразования», А.И.Рябчиковым «Рудоносность глубинных флюидов», Л.Н.Когарко «Модели генезиса гигантских апатитовых, лопаритовых и эвдиалитовых месторождений Кольского полуострова», Ю.М.Арским «Геоинформатика как составная часть комплекса современных наук о Земле», Ф.А.Летниковым «Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования», А.А.Маракушевым «Новые аспекты в теории эндогенного рудообразования», А.Д.Щегловым «Тектонические режимы и рудные месторождения», «Идеи В.И.Смирнова о полигенном рудообразовании и месторождение золота Витватерсранд», Л.Н.Овчинниковым «Геологические основы прогноза рудных месторождений», В.А.Жариковым (совместно с проф. Г.П.Зарайским) «Генезис грейзенового месторождения Ак-Чатау (компьютерная модель)», А.П.Лисицыным «Современные гидротермальные системы Мирового океана», В.Н.Страховым «Смена парадигм — это смена стереотипов мышления», Л.Л.Перчуком «Формирование и эволюция докембрийской коры: новые идеи и новые концепции», Д.Ю.Пущаровским (соавтор Н.В.Зубкова) «Новые возможности рентгенографии минералов», В.С.Урусовым «Эволюция Земли и Космоса в свете концепции симметрии-дисимметрии».

На этих чтениях с докладами по проблемам минеральных ресурсов, рудообразования и других актуальных аспектов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых выступали крупнейшие геологи, работающие в ведущих научно-исследовательских организациях страны, таких как ЦНИГРИ, МГРИ, ИГЕМ, ВИМС, ИМГРЭ и др.

Смирновские чтения — арена обсуждения актуальнейших программ развития минерально-сырьевой базы России на современном этапе. Эти вопросы освещены в работах ведущих специалистов ЦНИГРИ: А.И.Кривцова «Прикладная металлогения и мониторинг минерально-сырьевой базы» (VI чтения), «Россыпная золотоносность России» (IX чтения), «Предварительная презентация комплекта карт экзогенной золотоносности и платиноносности России» (XV чтения), А.И. Кривцов, И.Ф. Мигачев, Б.И.Беневольский и др. «Проекты стратегических

программ геологического изучения, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых России на период до 2010 года» (XV чтения); ВИМС: Г.А.Машковцев, С.С.Наумов, А.В.Бойцов «Стратегия развития минерально-сырьевой базы урана России» (XVI чтения) и других научно-исследовательских институтов страны.

Выступали на этих чтениях также известные ученые, имеющие опыт работы в Министерстве геологии СССР и Минприроды Российской Федерации: В.П.Орлов и Л.В.Оганесян «Основные методологические проблемы теории и практики прикладной металлогении» (VIII чтения), Е.А.Козловский «Минерально-сырьевые проблемы национальной безопасности России» (IX чтения), В.В.Яснош «Перспективы Российско-Чилийского сотрудничества в области недропользования» (XIX чтения).

Проблемы современного высшего образования, в т.ч. геологического, освещены в докладах ректора МГУ академика РАН В.А.Садовниченко «Университет и общество» (X чтения), проректора МГУ проф. В.Т.Трофимова «Традиции и новации в современном высшем геологическом образовании».

Очень интересные и важные для народного хозяйства страны доклады представили: директор Якутского научно-исследовательского предприятия ЦНИГРИ АК «АЛРОСА» Г.А.Герасимчук («Научно-методическое обеспечение геологоразведочных работ акционерной компании «АЛРОСА»: достижения, проблемы, актуальные направления исследований»), сотрудники этого же предприятия А.Я.Ротман и А.В.Манаков («Петрология, геотектоника и алмазность кимберлитовой формации Сибирь»).

Некоторые Смирновские чтения были посвящены специальным вопросам минерагении. Так, например, на XIII чтениях В.М.Григорьев свой доклад посвятил генетическим особенностям железорудных провинций мира; на XIV в докладах А.М.Сагалевича («Магия глубинь») и Ю.А.Богданова («Гидротермальные рудопоявления океанского дна») были приведены впечатляющие результаты изучения океанского дна с помощью уникальных отечественных глубоководных аппаратов «Мир». Материалы глубокого бурения обсуждались в докладах В.И.Казанского «Сверхглубокое континентальное бурение и рудообразование: от разреза Кольской сверхглубокой скважины к металлогении Печенгского рудного района» (XIV чтения) и М.И.Кузьмина «Байкальский буровой проект: краткая история, основные результаты» (XI чтения).

Смирновские чтения с 1998 г. приобрели международный характер. Здесь выступали с докладами крупные специалисты из дальнего зарубежья: главный геолог компании «Баррик Голд Корпорейшн» Ч.Дж.Ходжсон «Региональные закономерности распространения уникальных золотых месторождений» (IX чтения); главный геолог компании «Би-Эйч-Пи» Н.С.Уайт «Проведение геологоразведочных работ в

мировом масштабе и конкурентное преимущество Би-Эйч-Пи » (X чтения); академика МНР Доржнамжаа Доржийн «Первые алмазоносные и золотоносные астроблемы Монголии» (XIV чтения); китайские геологи Джао Пэнда и др. «Новый подход к количественному прогнозу и оценке минеральных ресурсов — трехкомпонентный цифровой поисковой метод» (XV чтения).

На страницах Смирновских сборников своими неизгладимыми впечатлениями, мнениями и воспоминаниями о Владимире Ивановиче поделились известные геологи: Н.П.Лаверов, В.Е.Хаин, Н.Л.Добрецов, А.А.Маракушев, Д.В.Рундквист, Н.А.Шило, А.С.Марфунин, В.Т.Трофимов, Г.Ф.Яковлев, И.Ф.Мигачев, А.И.Кривцов, А.Ф.Адамович, Р.Ю.Орлов, А.А.Богомол, Б.Л.Сидельников и др.

Кроме того, в них печатаются весьма оригинальные научно-популярные произведения, рецензии, рассказы, стихи, воспоминания и путевые заметки геологов. Среди них особо следует отметить работы В.И.Смирнова («Как были названы минералы»), В.Е.Хаина («Полевые и путевые заметки»), Е.А.Ефимовой и А.И.Ефимова («Демидовы и развитие естественных наук в России»), Ю.С.Бородаева («Экслибрисы геологов Московского университета»), В.И.Старостина («Нефритовый Будда»), В.И.Туманова («От Колымы до Печоры»), Е.Е.Милановского («Марбург и его университет»), Н.В.Короновского («Последний день Помпей», «Библейский потоп - миф или реальность?» и др.), Ю.М.Пушаровского («Тектонический бедлам»), Д.Ю.Пушаровского («Америка 80-х — глазами университетского стажера», «Женева, середина 70-х. Письма в Москву»), Ю.К.Бурлина («К истории нефтегеологических исследований на северо-востоке России»), И.Н.Кигая («Незабвенные юности годы»). Две одноименные статьи «В поисках Атлантиды», написанные специально для «Смирновского сборника-98» Е.Е.Милановским и А.М.Городницким, представляют собой шедевры научно-популярного очерка.

В этих сборниках печатаются много интересных стихов, среди которых особое место занимают произведения нашего выдающегося ученого-геофизика А.М.Городницкого (его стихи печатались практически во всех Смирновских сборниках — «За белым металлом», «Черный хлеб», «Перекаты» и др.), В.Высоцкого («Про речку Вачу и попутчицу Валу» и др.).

Последние XIX чтения, состоявшиеся 31 января 2008 г., также вызвали большой интерес среди геологической общественности страны. Доклад академика РАН Ю.М.Арсского и др. (ВИНИТИ) был посвящен актуальной проблеме «Обеспечение интегрального доступа к документальным ресурсам по наукам о Земле на основе взаимосвязанных классификаторов». Была проведена презентация одного из крупнейших горнодобывающих компаний мира «Де Бирс». Главный геолог этой компании Ч.Скиннер сделал доклад по теме «Де

Бирс и алмазный путь», а ведущий геолог московского представительства компании И.Я.Махоткин рассказал о значении вулканических процессов в понимании формирования кимберлитовых трубок (на примере Северо-Запада России и Якутии). Сотрудники Геологической службы Финляндии и российские партнеры представили серию докладов, посвященных алмазности Фенноскандинавского щита. Заместитель директора СП «Эрденет» (Монголия) П.Эрденеогт совместно с российскими геологами представили доклад «Новая геолого-экономическая модель медно-порфирового месторождения Эрденет (Монголия)». Продолжая хорошую традицию участия крупных специалистов Министерства природных ресурсов Российской Федерации главный специалист-эксперт отдела Департамента государственной политики в области геологии и недропользования В.В.Яснош (сын академика В.И.Смирнова) сделал очень интересный доклад «Перспективы Российско-Чилийского сотрудничества в области недропользования», а заместитель директора отдела по геологоразведочным работам ВИМС А.И.Некрасов рассказал о некоторых аспектах состояния минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых России и перспективах минерально-сырьевого комплекса.

Все докладчики на Смирновских чтениях награждаются дипломами и денежными премиями. Профессор М.В.Голицын награжден дипломом и премией за создание художественного портрета В.И.Смирнова. Награждение лучших студентов геологических вузов страны — немаловажная сторона деятельности Смирновского фонда. Среди них — представители МГУ им. М.В.Ломоносова, Московской государственной геологоразведочной академии, Иркутского политехнического института, Санкт-Петербургского государственного горного института, Российского университета дружбы народов, Новочеркасского технического университета, Уральской государственной горно-геологической академии и других вузов России.

Чтения имени академика В.И.Смирнова — заметное научно-общественное явление, заслуживающее всяческой поддержки, одобрения и уважения. Эти чтения важное событие в жизни геологической общности России. Они показывают, что в нашей стране имеется высокий научный потенциал, появляется новое поколение талантливых исследователей. Чтения способствуют объединению геологов-производственников, преподавателей и студентов разных научных коллективов и вузов России. В работе принимают участие крупные зарубежные специалисты, что показывает большой интерес иностранных компаний к научным разработкам российских ученых.

Следует отметить также, что ежегодные Смирновские чтения, пользующиеся у общественности большой популярностью, снимаются в последнее время в кино. Поэтому можно надеяться, что участники чтений в виде кинозарисовок будут сохранены для по-

следующих поколений, для истории отечественной геологии.

Финансовую помощь, в т.ч. в издании Смирновского сборника, постоянно оказывали Министерство природных ресурсов России, Всероссийский институт научной и технической информации (директор Ю.М.Арский), Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (директор И.Ф.Мигачев), Всероссийский институт минеральных ресурсов (директор Г.А.Машковцев), Институт экспериментальной минералогии, Иркутский государственный технический университет, Воронежский государственный университет, Московская государственная геологоразведочная академия, Всероссийский институт минералогии и геохимии редких элементов, Всероссийский институт экономики минерального сырья, Институт геологии, геофизики и минералогии Сибирского отделения Российской академии наук (директор Н.Л.Добрецов), а также банк «Наш дом» (президент Л.Б.Грановский). На различных этапах деятельности Фонда существенную помощь оказывали другие отечественные коммерческие организации, такие как АО «АЛРОСА» (генераль-

ный директор В.П.Дюкарев), АО «Туманов и К» (президент В.И.Туманов), «Недрапромбанк» (председатель правления Б.Л.Сидельников), ООО «Родонит» (директор Н.В.Лапшин), а также зарубежные горнодобывающие компании Би-Эйч-Пи Групп Ресорсес (BHP Group Resources Ltd.), Пиннэкл Ассошэйтс Лтд. (Pinnacle Associated Ltd.), Международный Баррик Голд Корпорейшн (International Barrick Gold Corporation) и Эпсон (Epson).

С момента ухода из жизни Владимира Ивановича Смирнов (1988) прошло совсем немного времени, но вполне достаточно, чтобы стали еще более рельефно высвечиваться многие черты его неординарной личности. И теперь он продолжает выполнять консолидирующую роль в геологическом обществе. Живут его идеи и труды, создан Фонд имени академика В.И.Смирнова, регулярно проводятся весьма престижные Смирновские научные чтения на геологическом факультете МГУ, но самое главное приобретение общества — образ необыкновенно волевого человека, создавшего и себя, и свою судьбу. Это всегда будет достойным примером для новых поколений молодых людей, выбирающих свой путь.

УДК 553.98:551.242.5 (571.1/.5)

Коллектив авторов, 2008

Нефтегазоносность платформенных областей Сибири

В.С.СУРКОВ (СНИИГГиМС), А.И.ВАРЛАМОВ (МПР России), А.С.ЕФИМОВ (СНИИГГиМС), А.Э.КОНТОРОВИЧ (ИНГГ СО РАН), В.И.ЛОТЫШЕВ, Н.В.МЕЛЬНИКОВ, Л.В.СМИРНОВ, В.С.СТАРОСЕЛЬЦЕВ (СНИИГГиМС)

В Сибири расположены два нефтегазоносных мегабассейна: древний Восточно-Сибирский и молодой Западно-Сибирский, структура и нефтегазоносность которых обусловлены геологической историей их развития в протерозое и фанерозое.

Земная кора древнего Восточно-Сибирского мегабассейна начиная с рифейского периода и по настоящее время представляет собой жесткую глыбу, на которой последовательно накапливались карбонатные, солеродно-карбонатные и терригенные толщи [11]. Земная кора молодого Западно-Сибирского мегабассейна в протерозое, палеозое и раннем триасе формировалась под воздействием различных тектономагматических событий, прекратившихся в конце триаса, после чего произошло устойчивое погружение земной коры с накоплением осадочного слоя из терригенных и терригенно-хемогенных пород [10]. В позднем эоцене в арктическом секторе Земли началось воздымание земной коры северных регионов Сибири, формирование и перестроение залежей углеводородов в осадочном слое севера Западной и Восточной Сибири.

Исследования нефтегазоносности мегабассейнов Сибири направлены на решение двух проблем: 1) главная — оценка промышленной значимости нефтегазоносности осадочных комплексов рифей-венда и фанерозоя (кембрий, силур, средний и верхний палеозой, мезозой); в значительной степени она решена в Западно-Сибирском мегабассейне и активно решается в Восточно-Сибирском; 2) связана с изучением процессов формирования залежей углеводородов литолого-стратиграфического типа в зонах дезинтеграции пород фундамента Западно-Сибирского мегабассейна.

Рифей-вендские отложения платформенных областей Сибири. В Восточно-Сибирском нефтегазоносном мегабассейне выделяются рифейский, вендский и верхневендско-нижнекембрийский нефтегазоносные комплексы (рис. 1).

Рифейский комплекс распространен на площади около 0,9 млн.км². Проницаемые толщи комплекса представлены трещинно-кавернозными карбонатами, реже песчаниками различной мощности. Прогно-

зируется распространение коллекторов вдоль зоны выклинивания рифея на востоке Катангской нефтегазоносной области [3, 4]. В пределах Байкитской области фиксируются карбонатные коллекторы каверново-трещинного типа, в которых открыты массивные нефтегазовые залежи на Юрубченском, Терском, Усть-Куюмбинском и Среднекуюмбинском месторождениях [1]. Общая площадь этой зоны свыше 13 тыс. км²; расположена она на Камовском своде и на прилегающих участках его северо-восточного склона. Коллекторы удовлетворительного типа предполагаются также в пределах Катангской и Северо-Тунгусской нефтегазоносных областей. На северо-востоке Предпатомской нефтегазоносной области в верхней части рифея открыты залежи газа на Бысахтахском месторождении.

Вендский комплекс представлен терригенными отложениями, развитыми на площади около 1,4 млн. км², сложен в основном терригенными породами нижнего венда. В пределах Непско-Ботуобинской и Байкитской нефтегазоносных областей в нем фиксируются также карбонатные коллекторы в основании тирской и оскобинской свит, приуроченные к зоне малых мощностей терригенного венда, вытянутой вдоль оси Непско-Ботуобинской антеклизы. В Непско-Ботуобинской, Катангской, Ангаро-Ленской и Предпатомской нефтегазоносных областях выделены три *нефтегазоносных горизонта*: нижне-непский и верхне-непский, а также тирский.

Нижне-непский горизонт залегает на поверхности фундамента или на рифейских отложениях и представлен песчаниками нижне-непской, нижне-чорской и нижне-ванаварской подсвит, бетинчинской, хоронохской и талахской свит. Локальные резервуары, характеризующиеся сложным строением и значительной фациальной изменчивостью, выявлены в базальной части терригенного венда. Песчаники, как правило, разнородные, часто со значительной примесью гравелитов. Им свойственны плохая сортировка и окатанность, высокое содержание цемента. Ловушки нефти и газа находятся в зонах прилегания песчаных пластов к поверхности довендского основания. Фильтрационно-емкостные свойства песчаников в целом низкие. Продуктивные резервуары установлены в центральной и северо-восточной частях Непско-Ботуобинской области, где выявлены газонефтяные пластовые литологические залежи на Верхнечонском, Чаяндинском и небольшие газовые залежи на Верхневилючанском и Вилюйско-Джербинском месторождениях.

Верхне-непский горизонт сложен песчаниками паршинской и сералахской свит, верхне-непской, верхне-ванаварской и нижне-чорской подсвит, характеризующимися средними и высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Литологические залежи нефти и газа открыты на Ярактинском, Аянском, Дулиминском, Верхнечонском, Чаяндинском месторождениях, структурные — на Верхневилючан-

ском, Иреляхском, Маччобинском, Станахском, Собинском, Пайгинском и др.

Тирский горизонт мощностью 20—350 м представлен песчаниками в низах тирской, бюкской, космической свит и верхнечонской подсвиты. Локальные резервуары приурочены к пластам песчаников. Крупная зона их развития (Ботуобинская) установлена в северо-восточной части Непско-Ботуобинской области. Полоса коллекторов шириной 10—40 км субширотной ориентировки распространена в Приленском районе на юге Непско-Ботуобинской области. Песчаники тирского горизонта (парфеновский, ботуобинский, верхнетирский пласты) характеризуются высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Продуктивность тирского горизонта высокая. К нему приурочены пластовые сводовые или литологические залежи нефти и газа месторождений Атовское, Братское, Ковыктинское, Марковское, Аянское, Среднеботуобинское, Иреляхское, Маччобинское, Станахское, Мирнинское, Нелбинское, Тас-Юряхское, Чаяндинское и др.

Верхне-вендско-нижнекембрийский комплекс распространен на площади 1,2 млн. км² и ограничен зонами развития коллекторов в карбонатных отложениях. Он представлен карбонатными толщами верхов венда и низов кембрия. Мощности коллекторов здесь достигают 30 м. Удовлетворительные коллекторские свойства карбонатов установлены в Непско-Ботуобинской области, где выделены два *нефтегазоносных горизонта* — *преображенский* и *юряхский*.

Преображенский нефтегазоносный горизонт расположен в центральной части Непско-Ботуобинской области. Резервуары приурочены к доломитам преображенского пласта катангской свиты мощностью 10—30 м. Локально развитые резервуары представлены хемогенными и значительно реже биогенными доломитами, которые подверглись интенсивной перекристаллизации и выщелачиванию, что явилось важным фактором формирования коллекторов. Резервуары преображенского горизонта характеризуются в целом низкими фильтрационно-емкостными свойствами, улучшение их наблюдается лишь в западной части Непско-Ботуобинской области, где выделена крупная Тетейско-Чонская зона нефтенакпления площадью около 50 тыс. км² [12]. В центральной части Непско-Ботуобинской области в преображенском пласте выявлена крупная нефтяная залежь на Верхнечонском месторождении и небольшие Даниловская и Преображенская газовые залежи.

Юряхский горизонт включает резервуары в отложениях юряхской и тэтэрской свит. Проницаемые пласты представлены преимущественно органогенно-обломочными доломитами. Породы часто засолены. Фильтрационно-емкостные свойства пород проницаемых пластов в целом невысокие. Продуктивность горизонта выявлена в центральной и северо-

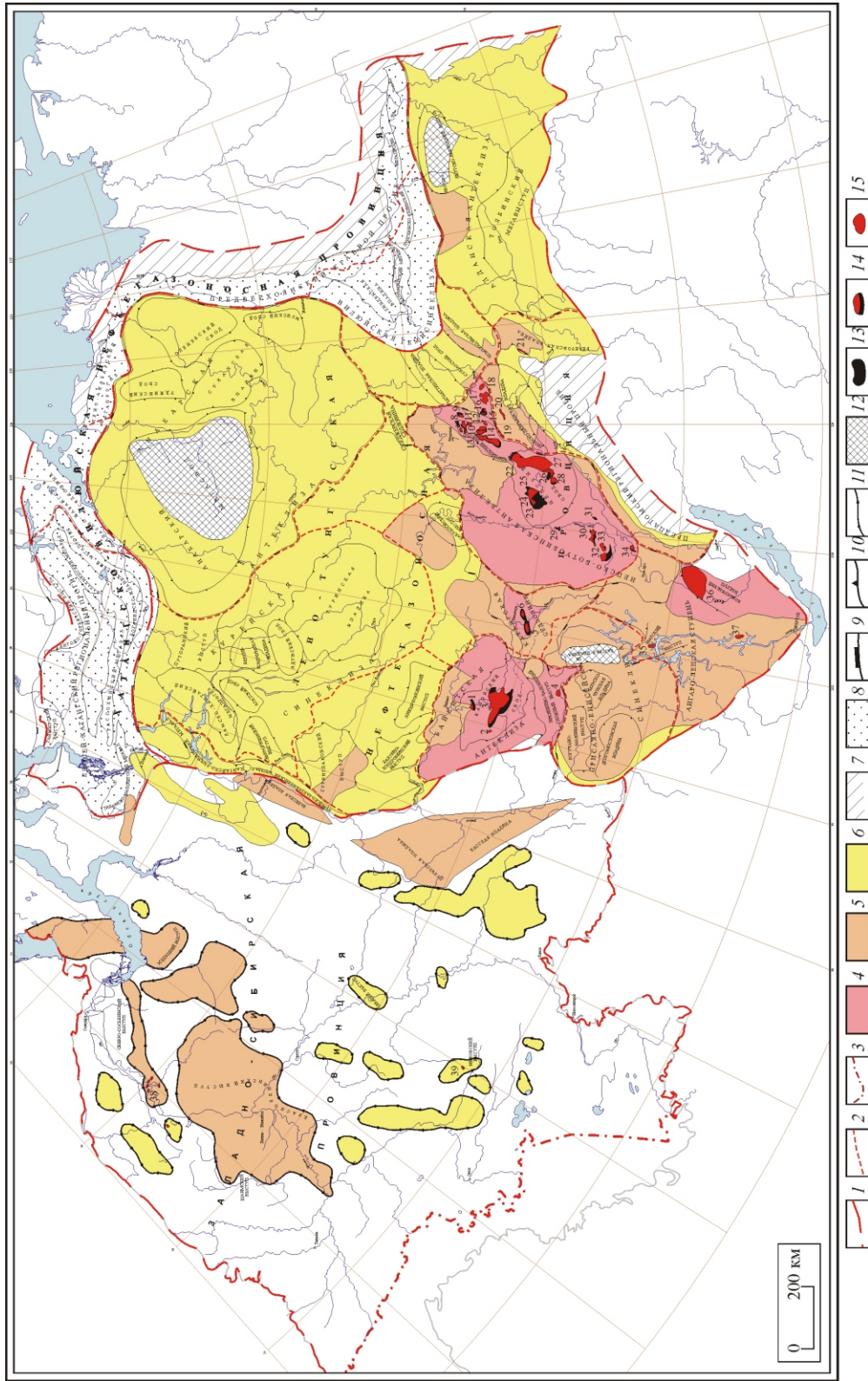


Рис. 1. Карта нефтегазоносности рифей-вендских отложений платформенных областей Сибири:

границы: нефтегазоносных — 1 — провинций и 2 — областей, 3 — государственная граница; *территории* с плотностью начальных суммарных геологических ресурсов УУВ (тыс. т/км²): 4 — 100, 5 — 20—100, 6 — 20; 7 — перспективные в зоне шарьяжно-надвиговых деформаций; 8 — с невыясненными перспективами; *контуры структур:* 9 — надпорядковые (крупнейшие), 10 — I порядка (крупные), 11 — I порядка (крупные), 11 — эрозивно-тектонических выступов фундамента Западно-Сибирской плиты, 12 — зон выходов кристаллического фундамента на дневную поверхность, под пермские или юрские отложения; *месторождения:* 13 — нефтяные, 14 — нефтяные и газонефтяные, 15 — газовые и конденсатные; *месторождения (цифры на рисунке):* 1 — Куомбинское, 2 — Оморинское, 3 — Юрубчено-Тохомское, 4 — Агалеевское, 5 — Собинское, 6 — Пайгинское, 7 — Маччобинское, 8 — Иреляхское, 9 — Станяхское, 10 — Мирнинское, 11 — Северо-Нелбинское, 12 — Нелбинское, 13 — Среднеботуобинское, 14 — Тас-Юрхское, 15 — Бесюрхское, 16 — Иктехское, 17 — Верхневилочанское, 18 — Виллоиско-Джербинское, 19 — Хотого-Мурбайское, 20 — Отраднинское, 21 — Бысахтаское, 22 — Чайдинское, 23 — Верхнечонское, 24 — Вакунайское, 25 — Тымлучиканское, 26 — Талаканское, 27 — Восточно-Талаканское, 28 — Алинское, 29 — Даниловское, 30 — Дулисминское, 31 — Пиллодинское, 32 — Ярактинское, 33 — Аянское, 34 — Марковское, 35 — Братское, 36 — Ковыктинское, 37 — Атовское, 38 — Березовская группа, 39 — Веселовское

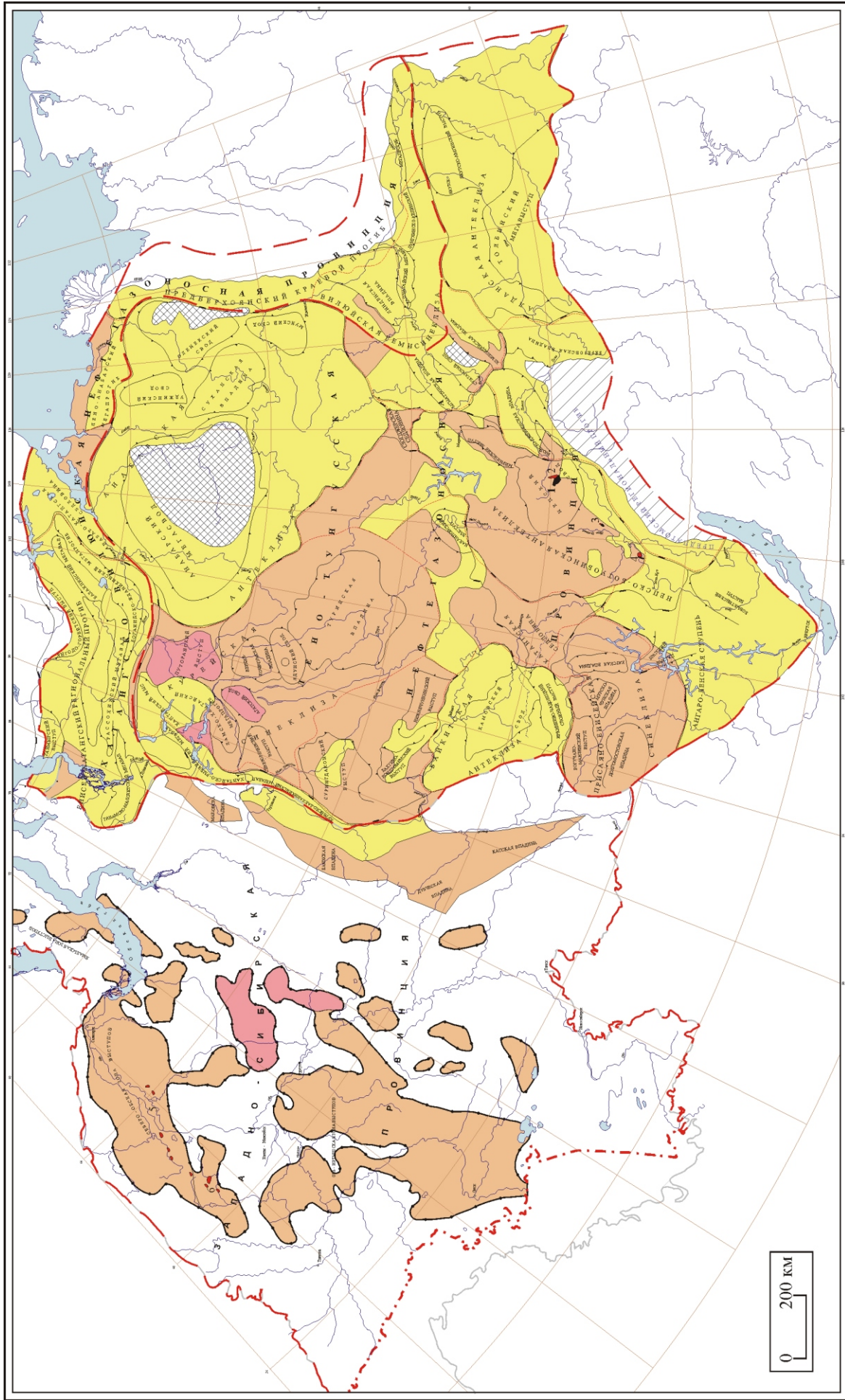


Рис. 2. Карта нефтегазоносности нижнепалеозойских отложений платформенных областей Сибири:

месторождения: 1 — Талаканское, 2 — Восточно-Талаканское, 3 — Пилудинское, 4 — Марковское, 5 — Березовская и 6 — Шаймская группы; см. услов. обозн. к рис. 1

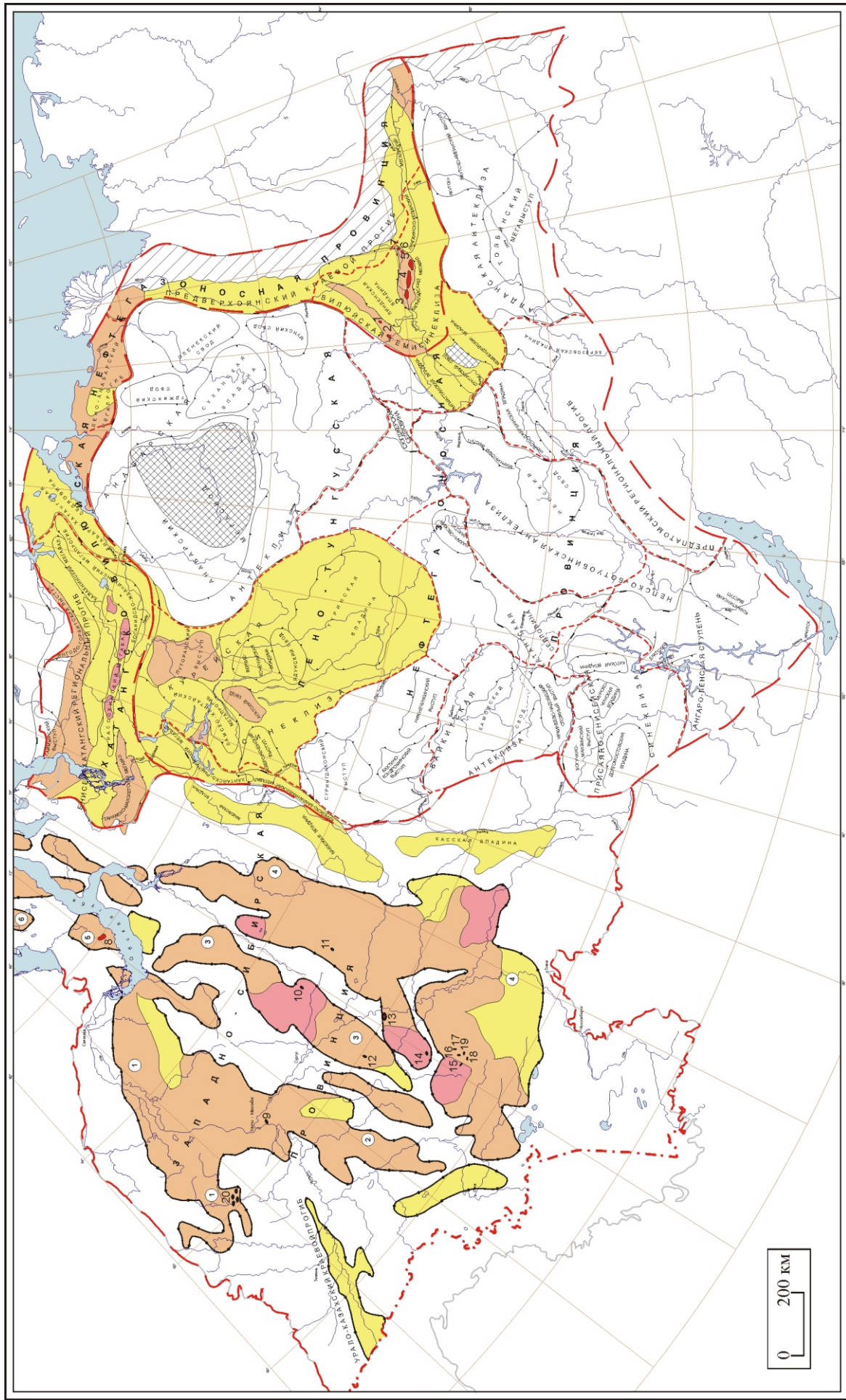


Рис. 3. Карта нефтегазоносности средне-верхнепалеозойских отложений платформенных областей Сибири:

месторождения: 1 — Андылахское, 2 — Среднетюнтское, 3 — Средневилюйское, 4 — Толон-Мастахское, 5 — Соболах-Неджелинское, 6 — Бадаранское, 7 — Нижневилюйское, 8 — Новопортовое, 9 — Горелое, 10 — Северо-Варьганское, 11 — Призерное, 12 — Медведовское, 13 — Чкаловское, 14 — Речное, 15 — Арчинское, 16 — Нижнетаганское, 17 — Останинское, 18 — Кулпинское, 19 — Калиновое, 20 — Шаймская группа; *эрозивно-тектонические выступы фундамента* (цифры в кружках): 1 — Шайм-Березовский, 2 — Ишим-Красноленинский, 3 — Вартовско-Песцовый, 4 — Парабель-Газовский, 5 — Новопортовый, 6 — Бованенковский; см. услов. обозн. к рис. 1

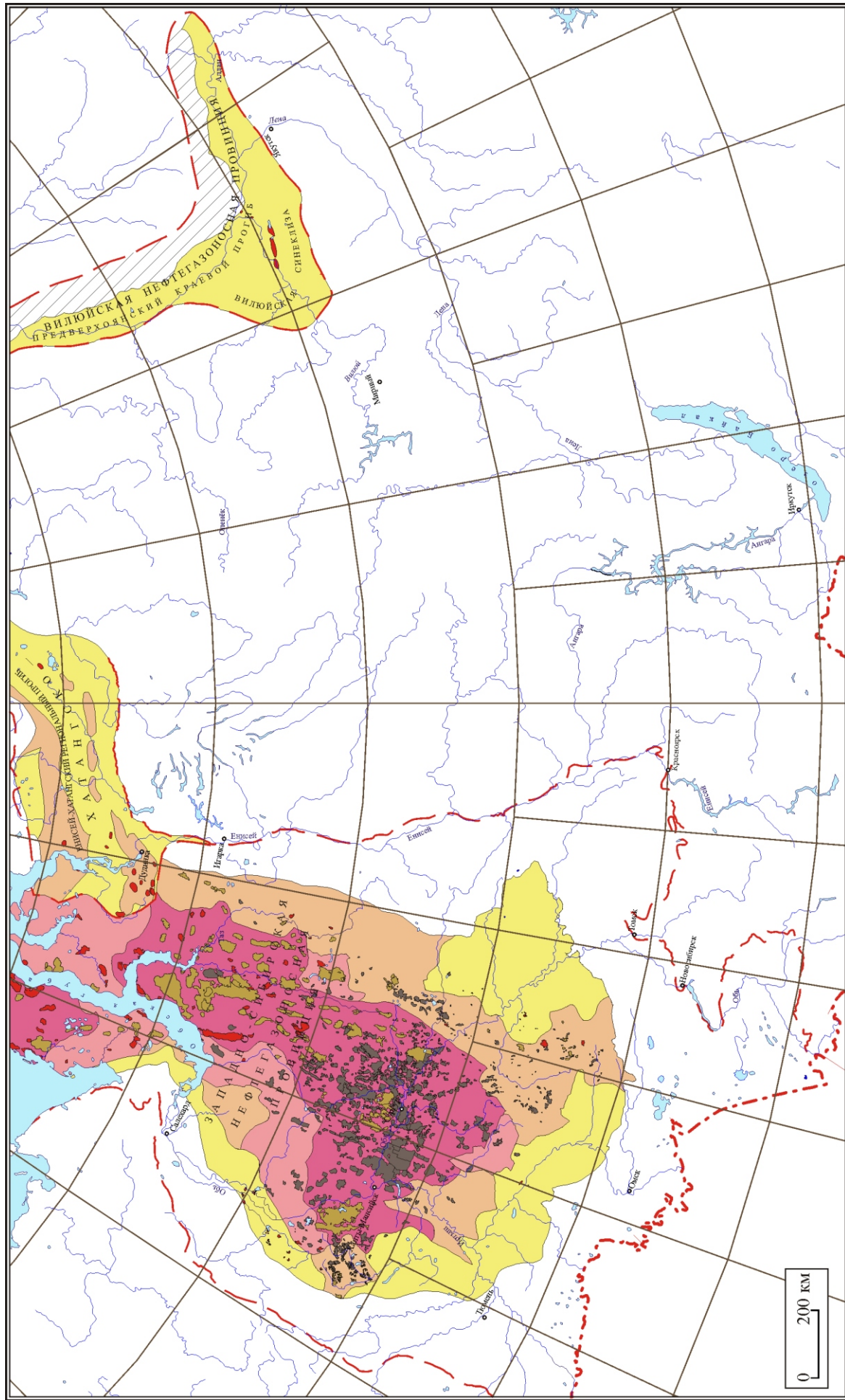


Рис. 4. Карта нефтегазоносности юрских и меловых отложений платформенных областей Сибири:

1 — граница нефтегазоносных провинций; территории с плотностью начальных суммарных геологических ресурсов УУВ (в тыс.т/км²): 2 — 200, 3 — 100—200, 4 — 20—100, 5 — 20; месторождения: 6 — нефтяные, 7 — нефтяные, газонефтяные и нефтегазоконденсатные, 8 — газовые; см. услов. обозн. к рис. 1

ро-восточной частях Непско-Ботуобинской области, где отмечается улучшение фильтрационно-емкостных свойств. Промышленные залежи нефти и газа открыты на месторождениях Даниловское, Верхнечонское, Иктехское, Верхневилючанское и Виллюйско-Джербинское.

На приведенной карте (см. рис. 1) показано расположение основных месторождений углеводорода с разделением их по флюидам на нефтяные, нефтегазовые и газонефтяные, газовые и конденсатные. Начальные суммарные геологические ресурсы отражены в виде трех категорий плотности условных углеводородов (УУВ).

Наиболее богатые углеводородами рифей-вендские комплексы расположены на юге Восточно-Сибирского мегабассейна: рифейские доминируют на юго-западе, терригенные нижневендские — на юго-востоке. Максимальные плотности начальных геологических ресурсов (100 тыс.т/км^2) контролируются сводовыми частями Непско-Ботуобинской и Байкитской антеклиз, где уже выявлены уникальные скопления углеводородов (Юрубчено-Тохомское, Куюмбинское, Верхнечонское, Талаканское и Чаяндинское). К нижневендским терригенным отложениям приурочено и гигантское Ковыктинское газоконденсатное месторождение на юге Ангаро-Ленской ступени.

Существенно меньшие плотности начальных суммарных геологических ресурсов ($20\text{—}100 \text{ тыс.т/км}^2$) характерны для склонов антеклиз, прилегающих отрицательных (Присяяно-Енисейская синеклиза и Предпатомский региональный прогиб) и промежуточных (Ангаро-Ленская региональная ступень, Катангская и Вилючанская седловины) структур.

Плотность начальных суммарных геологических ресурсов центральных и северных районов Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции отнесена к категории 20 тыс.т/км^2 . Это обусловлено крайне низкой их изученностью, предполагаемым частичным отсутствием рифейских и терригенных вендских отложений, возможным снижением емкостных характеристик карбонатных рифейских горизонтов, и во многих случаях залеганием их на технически недоступных глубинах.

В зонах шарьяжно-надвиговых деформаций Предпатомского регионального и Предверхожанского краевого прогибов рифей-вендские отложения следует рассматривать как перспективные на поиски залежей углеводородов. К территориям с невыясненными перспективами рифей-вендских отложений отнесен Енисей-Хатангский региональный прогиб в силу крайне низкой изученности и больших глубин залегания этих отложений.

Большие глубины залегания и высокая интенсивность дислокаций верхнерифейско-кембрийских горизонтов левобережья р.Енисей под мезозойскими осадками Западно-Сибирской плиты (Касская, Дуб-

ческая, Маковская впадины) также не позволяют оценить их плотности выше чем 20 тыс.т/км^2 . Исключение составляют Баихская впадина, где плотность ресурсов может составить не более 100 тыс.т/км^2 .

В Западно-Сибирском мегабассейне рифей-вендские образования представлены эрозионно-тектоническими выступами фундамента. В Березовском газоносном районе в пределах Северо-Сосьвинского эрозионно-тектонического выступа в зоне прилегания продуктивных пластов верхней юры (вогулкинская толща) в дезинтегрированных породах по гнейсам, гранитогнейсам, гранитам и гранодиоритам открыты залежи газа (Северо-Алясовское, Северо-Игримское, Пауль-Турское и др.). Шаимский эрозионно-тектонический выступ сложен мета- и ортосланцами. В зонах прилегания нефтеносных комплексов юры (вогулкинская толща, средняя юра) в дезинтегрированных породах фундамента следует ожидать открытие залежей нефти и газа. Плотность ресурсов в пределах этих выступов относится к категории $20\text{—}100 \text{ тыс.т/км}^2$.

В районах Красноленинского выступа открыты залежи нефти в зоне пород фундамента, сложенных гнейсами, гранитогнейсами, гранитами, кристаллическими и углеродистыми сланцами. Плотность начальных суммарных ресурсов УУВ составляет $20\text{—}100 \text{ тыс.т/км}^2$.

В зоне выклинивания нефтегазоносных комплексов юры в породах докембрия на п-е Ямал следует ожидать обнаружение залежей в зоне дезинтеграции кристаллических, кварцевых и углеродистых сланцев. Начальные суммарные геологические ресурсы здесь также могут быть отнесены к категории $20\text{—}100 \text{ тыс.т/км}^2$.

На юго-востоке эрозионно-тектонические выступы сложены доломитами, доломитизированными известняками, водорослевыми доломитами и известняками. В районах налегания перспективных комплексов нижней юры на карбонатные породы фундамента в зоне их выщелачивания могут формироваться залежи нефти. Плотность начальных суммарных ресурсов УУВ соответствует категории 20 тыс.т/км^2 . Верхняя кромка эрозионно-тектонических выступов, перспективных на поиск залежей углеводородов, залегает на глубине $2\text{—}3,5 \text{ км}$.

Нижнепалеозойские отложения. В Восточно-Сибирском мегабассейне залежи нефти и газа могут быть сосредоточены в кембрийских, ордовикских и силурийских отложениях [4, 15].

В кембрийском комплексе наиболее перспективны карбонатные отложения *осинского* нефтегазоносного горизонта. В Непско-Ботуобинской, Байкитской и Южно-Тунгусской областях выделяется ряд узких, протяженных зон с повышенными мощностями карбонатов *осинской* и *верхнебилурской* подсвет. Протяженность зон достигает нескольких сотен километров при ширине до $20\text{—}30 \text{ км}$. Разрезы представ-

лены преимущественно известняками и доломитами, часто органогенно-обломочными и водорослевыми, кавернозными. Линейная форма распространения зон больших мощностей карбонатов, их органогенный состав и наличие отчетливых фаз некомпенсации и последующего заполнения позволяют отнести эти образования к рифоподобным. С зонами распространения таких образований связаны максимальные значения пористости и проницаемости при мощности пород-коллекторов 10—30 м. Залежи нефти и газа выявлены на Талаканском, Среднеботуобинском, Марковском, Верхнечонском и Вакунайском месторождениях Непско-Ботуобинской нефтегазональной области и Моктаконском месторождении Южно-Тунгусской.

В ордовикских и силурийских отложениях залежи нефти и газа прогнозируются в пределах Северо-Тунгусской области. Результаты бурения на Ледянской площади позволили конкретизировать положение в разрезе потенциально нефтематеринских, коллекторских и экранирующих горизонтов.

Хорошими коллекторскими свойствами отличаются кварцевые песчаники среднего ордовика (байкитский уровень), представленные на правом берегу широтного течения р. Подкаменная Тунгуска, Ледяном структурном мысу и, возможно, на всей территории Лено-Тунгусской нефтегазональной области. На этом уровне развиты поровые и трещинно-поровые коллекторы II—IV классов общей мощностью 10—40 м. В разрезе скв. Ледянская-2 в породы такого уровня внедрился мощный силл, пористость пород в котором в среднем составляет 16,7%, проницаемость до $143,4 \cdot 10^{15} \text{ м}^2$.

Поровые и трещинно-каверново-поровые коллекторы III—V классов отмечены в нижней части силура (лландовери) и в верхней части нижнего силура (венлок), где открытая пористость вторично-доломитовых органогенных пород 5,6% (в среднем по 23 анализам) проницаемость $122 \cdot 10^{15} \text{ м}^2$. Мощность нижнелландоверийской проницаемой толщи рифогенных известняков в северном направлении резко возрастает (от 32 до 81,5 м); мощность вторичных доломитов венлока выдержана по площади (58—64 м).

Флюидопорами могут быть существенно глинистые карбонаты верхнего кембрия, сульфатоносные породы верхнего силура, сульфатно-глинистого и сульфатно-соленосного среднего девона, толща туфолавовых образований нижнего триаса и, кроме того, многочисленные интрузивные пластовые тела долеритов, пронизывающих осадочную толщу.

Значительные перспективы, по-видимому, следует связывать с терригенными отложениями байкитской свиты. На Сурингдаконском выступе в ряде скважин (Анакитская 1, Нижнетунгусская 1, Ногинская 1) к песчаникам, слагающим эту свиту, приурочены повышенные газопоказания, при проходке горизонта отмечался запах нефтепродуктов. На северном скло-

не выступа (Бильчанская скважина) к низам свиты приурочена залежь углеводородов, метаморфизованная в результате внедрения траппов, представляющая собой скопление сильноокисленного битума. На соседних площадях пористость песчаников свиты 0,5—15% (в среднем 4,3—6,6%), проницаемость $(0,01—1,7) \cdot 10^{15} \text{ м}^2$, поэтому здесь фиксируются водоносные горизонты. Коллекторы экранируются глинистыми породами мангазейского яруса ордовика и нижней части лландоверийского яруса силура.

Потенциально продуктивным может быть и силурийский комплекс осадков, где выделяются два горизонта, сложенные органогенными и водорослевыми известняками. На Сигово-Подкаменной и Ногинской площадях из *венлокских* отложений получены притоки жидкой нефти, отмечены повышенные газоаккумуляции. Средние значения пористости 2—14%, проницаемость изменяется от сотых долей до $17 \cdot 10^{15} \text{ м}^2$ (Дьявольская площадь). К северу, в Норильском районе, венлокские отложения характеризуются региональной водообильностью, повышенными газопоказаниями, в отдельных случаях отмечались газовые выбросы.

Другой потенциально перспективный горизонт силурийского комплекса приурочен к *верхней части лудловского яруса*, где в толще глинистых карбонатов с прослоями и линзами ангидрита развиты прослои строматолитовых известняков. Значения пористости пород изменяются в диапазоне 0,8—23,5%, межзерновая проницаемость до $5 \cdot 10^{15} \text{ м}^2$ [3, 4, 12].

С учетом изложенного на рис. 2 показаны перспективные территории с дифференциацией плотностей также по трем категориям. Наиболее перспективный резервуар (плотность 100 тыс.т/км^2) в ордовикских отложениях — пачка кварцевых песчаников байкитской свиты, в силурийских — органогенные трещинно-каверновые карбонаты венлока, в меньшей степени лудлова и лландовери. Основные зоны нефтегазоаккумуляции здесь приурочены к Путоранскому выступу, Хантайскому структурному мысу и Агатскому своду.

Менее перспективны (плотность $20—100 \text{ тыс.т/км}^2$) нижнепалеозойские отложения в районах центральной части Лено-Тунгусской нефтегазональной провинции (Туринская и Верхнекочечумская впадины, южная часть Ламско-Хантайского мегапрогиба, Северореченский и Нижнечункинский выступы, Присаяно-Енисейская синеклиза и Сюджерская седловина).

Районы Хатангско-Вилойской провинции, Анабарской, Алданской, Байкитской антеклиз и Ангаро-Ленской ступени оценены в подавляющем большинстве случаев плотностями начальных суммарных геологических ресурсов нижнепалеозойских отложений 20 тыс.т/км^2 .

В Западно-Сибирском мегабассейне перспективы нефтегазональности связываются с нижнепалеозойскими отложениями восточного борта Западно-Си-

бирского бассейна и эрозионно-тектоническими выступами фундамента, представленными породами нижнего палеозоя, развитыми на значительно большей территории, чем породы докембрия (см. рис. 2).

Фациально нижнепалеозойские, в основном карбонатные отложения кембрия под юрско-меловыми осадками близки к разновозрастным комплексам запада Восточно-Сибирского бассейна, но дислоцированы значительно интенсивнее. Кроме того, они залегают преимущественно на глубинах 4—5 км и более. Эти особенности в совокупности с другими факторами дают возможность оценить плотности их начальных ресурсов по категории 20—100 тыс.т/км², что позволяет ставить вопрос о выделении на юго-востоке Западно-Сибирского мегабассейна самостоятельной Предъенисейской нефтегазоносной субпровинции [7, 13].

В Северо-Обской зоне эрозионно-тектонические выступы сложены метаморфизованными и магматическими породами кембрия и ордовика, (орто- и метасланцы, углеродистые, кварцитовые сланцы, граниты, гранитогнейсы). В пределах Северо-Обского выступа выклиниваются нефтегазоносные комплексы средней и верхней, частично нижней юры. В этих районах (Березовский, Шаимский, Северо-Сосьвинский) плотность ресурсов отнесена к категории 20 тыс. т/км².

На юге мегабассейна развит крупный Обь-Иртышский эрозионно-тектонический выступ, сложенный кремнистыми и зелеными сланцами, с единичными телами интрузивных пород кислого и основного составов. Породы выступа прилегают к нефтегазоносным комплексам средней и верхней юры. Авторы также относят начальные суммарные ресурсы УУВ к категории 20 тыс.т/км².

В Широком Приобье ряд эрозионно-тектонических выступов различных размеров характеризуется повышенной плотностью ресурсов (20—100 тыс.т/км²), поскольку этим районам свойственна высокая плотность начальных суммарных ресурсов отложений нижней юры, прилегающих к выступам фундамента.

Средне-верхнепалеозойские отложения. В Восточно-Сибирском мегабассейне нефтегазоносность средне-верхнепалеозойских отложений (рис. 3) прогнозируется в северо-западной части Тунгусской синеклизы. В восточной части краевых мезозойских депрессий платформы Вилуйской гемисинеклизы установлена промышленная нефтегазоносность отложений верхней перми и нижнего триаса.

В северо-западной части Тунгусской синеклизы нефтегазоносными могут быть терригенно-карбонатные породы *девона* и *раннего карбона*, с меньшей вероятностью — фациально изменчивые невыдержанные *песчаные пласты угленосной терригенной формации среднего карбона — перми*. Флюидопорами для девонских резервуаров могут быть пласты солей или сульфатов, для пермо-карбонных

— базальтовый триасовый комплекс. Нефтепроявления в девонских трещинно-каверновых органогенных известняках под пластами солей выявлены в первых же пробуренных на северо-востоке Тунгусской синеклизы скважинах (Ледяная площадь). Отдельные нефтегазопроявления отмечены в терригенных угленосных породах верхнего палеозоя.

Хотя промышленные скопления в этом стратиграфическом диапазоне Тунгусской синеклизы пока не выявлены (что, скорее всего, обусловлено крайне низкой степенью изученности глубоким бурением ее северной части), по комплексу геолого-геофизических данных они весьма вероятны на таких крупных поднятиях, как Путоранское, Агатское, Хантайское и др. [13]. Масштабы этих скоплений могут достигать сотен миллионов тонн условных углеводородов (извлекаемых). Пока авторы оценивают эти территории, равно как и районы северной части Енисей-Хатангского прогиба, Рассохинского и Танамско-Малохетского мегавалов и Лено-Анабарского мегапрогиба по категории плотности 20—100 тыс.т/км². Районы южной и центральной частей Енисей-Хатангского прогиба, практически почти вся территория Курейской синеклизы характеризуются плотностями 20 тыс. т/км².

Промышленная нефтегазоносность верхнепермских и нижнетриасовых отложений установлена лишь на востоке краевых мезозойских депрессий платформы, где по отложениям нижнего триаса выделяется Лено-Вилуйский осадочный бассейн, занимающий пограничное положение между платформенными тектоническими элементами рифейско-триасовой плиты на западе, юго-западе и юге, фронтальными частями Верхоянской мезозойской складчатой области — на востоке и Таймырской герцинской — на севере. Крупнейшими (надпорядковыми) структурами, образующими осадочный бассейн, являются Вилуйская гемисинеклиза и Предверхоянский краевой прогиб как тектонический элемент сочленения платформы со складчатыми областями. На территории Вилуйской гемисинеклизы, в рамках которой выделена одноименная нефтегазоносная область, сосредоточены все открытые здесь скопления углеводородов.

Верхнепермская часть разреза в пределах нефтегазоносной области сложена толщей мощностью 1300 м с чередованием пачек песчаников, иногда косослоистых, с подчиненными пластами алевролитов и редко аргиллитов, расчлененной на несколько толщ с неясным характером границ и латеральных переходов. Для этой части разреза характерны самые высокие концентрации органического углерода, относительная однородность органического вещества и довольно широкий интервал его катагенетической превращенности. В общем органическое вещество пород претерпело превращения, отвечающие главной зоне нефтеобразования и глубинной — газообразования. Рассматривая терригенные субаквальные породы

верхней перми как возможно нефтематеринские, следует подчеркнуть, что на глубине более 5500 м генерационный потенциал пород представляется незначительным.

В верхнепермской части разреза выделен субрегиональный резервуар, занимающий практически всю территорию нефтегазоносной области и обладающий на значительной площади довольно высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Он сложен песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов. Для песчаников характерна значительная плотность 2,5—2,6 г/см³, открытая пористость изменяется от 3 до 18%, газопроницаемость не превышает $3 \cdot 10^3$ мкм². Однако среди плотных песчаных пород встречаются слабо уплотненные разности, открытая пористость которых достигает 23%, а газопроницаемость — $30 \cdot 10^3$ мкм². Такие пласты-коллекторы, как правило, содержат залежи газа или газового конденсата. Многозалежные скопления углеводородов в породах тарагайского резервуара открыты в антиклинальных с литологическим экранированием ловушках на Средневилюйской, Толонской, Мастахской, Соболохской и Неджелинской площадях в пределах Хапчагайского мегавала — основной зоны нефтегазонакопления в Вилюйской нефтегазоносной области. Среднетюнгское многозалежное скопление углеводородов открыто на одной площади в пределах Логлорского структурного мыса, осложняющего Хоргочумскую моноклинал на северо-западе нефтегазоносной области. Плотность начальных суммарных геологических ресурсов оценивается по категории 20—100 тыс.т/км².

Нижнетриасовая часть разреза мощностью до 800 м в пределах области имеет трехчленное строение терригенных субаквальных отложений, сложенных песчано-глинистыми породами с высокими фильтрационно-емкостными и изолирующими свойствами. Нижняя, преимущественно глинистая с песчаными пластами-линзами, толща выделяется как неджелинский резервуар, являющийся одновременно флюидоупором для подстилающих пород; средняя, в основном представленная песчаниками (мощность отдельных пластов до 80 м), чередующимися с пластами глинистых и алевроглинистых пород, — как таганджинский резервуар; верхняя, сложенная по аналогии с нижней преимущественно глинистыми породами с большим количеством песчаных пластов-линз, — как мономский резервуар и одновременно флюидоупор для таганджинского. Лучшие фильтрационно-емкостные качества пластов таганджинского и пластов-линз неджелинского и мономского резервуаров фиксируются в центральной и западной частях Хапчагайского мегавала и в пределах Логлорского структурного мыса на северо-западе Вилюйской нефтегазоносной области. Нижняя (неджелинская) и верхняя (мономская) толщи вследствие опесчанивания пород к южному борту гемисинеклизы и на север и северо-восток к Линденской

впадине и Предверхоаянскому краевому прогибу утрачивают свои качества как флюидоупора, так и резервуара.

В породах таганджинского резервуара открыты многозалежные скопления углеводородов на Средневилюйской, Толонской, Мастахской и Бадаранской площадях, связанные с антиклинальными ловушками, в пределах Ханчагайского мегавала. В неджелинском резервуаре-флюидоупоре в антиклинальных литологически экранированных ловушках многозалежные скопления углеводородов открыты на Толонской, Мастахской, Соболохской и Неджелинской площадях. В породах мономского резервуара-флюидоупора и в пределах Хапчагайского мегавала однозалежные скопления углеводородов в аналогичных структурных условиях открыты на Средневилюйской, Толонской и Мастахской площадях.

В Западно-Сибирском мегабассейне нефтегазоносность средне-верхнепалеозойских образований связана с перспективами осадочных бассейнов и эрозионно-тектонических выступов фундамента (см. рис. 3).

На левобережье р. Енисей в фундаменте плиты расположены Касская, Баихская и Маковская впадины, выполненные осадочными породами девона, карбона и перми. Перспективы этих комплексов авторами отнесены к категории 20 тыс. т/км² [6, 10, 15].

На юго-западе в зоне сочленения Урала и Казахстана по буровым и сейсмическим данным выделен Урало-Казахский краевой прогиб. Внешняя часть его выполнена эффузивными отложениями нижнего — среднего девона, терригенными красноцветными породами верхнего девона и карбонатными породами с гипсами и ангидритами нижнего карбона. В ряде скважин на Новонежинской площади, на Ливановском, Косолаповском и Дуванкульском профилях получены тяжелые окисленные нефти и битумы. Этот бассейн по начальным суммарным ресурсам УУВ отнесен к категории 20 тыс.т/км².

В полярных районах мегабассейна по результатам региональных сейсмических работ предполагается распространение пермских осадочных толщ под эффузивно-осадочной толщей нижнего триаса. Это комплекс с невыясненными перспективами. Залегает он на глубине от 4 до 12 км.

Эрозионно-тектонические выступы пород среднего палеозоя развиты на большей части Западно-Сибирского бассейна и сложены разнообразными по петрографическому составу породами: аспидными глинистыми сланцами, зелеными сланцами, базитами, ультрабазитами, гранитами, гранодиоритами и карбонатами. В зоне выщелачивания таких пород открыты стратиграфические месторождения нефти и газа по различным типам пород. Например, в эрозионно-тектонических выступах Шаим-Березовского (месторождения нефти Мулымьинское, Северо-Мортымьинское, Мортымья-Тетеревское, Западно-Лемь-

инское и др.) и Ишим-Красноленинского районов в зоне дезинтеграции орто- и метасланцев, гранитов, базальтов и диабазов открыты залежи газа и нефти стратиграфического типа в зоне выклинивания продуктивных пластов верхней, средней и нижней юры. Начальные суммарные ресурсы соответствуют категории 20—100 тыс.т/км².

Центральную часть бассейна занимают выступы, сложенные мета- и ортосланцами с телами гранитов, базитов и ультрабазитов. Значительные по площади выступы сложены аспидными сланцами верхнего девона — нижнего карбона. На поиск залежей углеводородов представляют интерес участки, где среди глинистых сланцев развиты толщи известняков. Наибольшее значение в формировании месторождений нефти и газа имеют районы распространения карбонатных пород. Практикой геологоразведочных работ доказано, что в эрозионно-тектонических выступах карбонатных пород имеются каверновые и трещинные коллекторы с высокой нефтеотдачей. На территории Томской области в зоне прилегания нефтегазовых комплексов нижней юры и кавернозных известняков открыты залежи нефти на площадях Арчинская, Калиновая, Урманская, Герасимовская, Нижнетабаганская, Чкаловская и др. На Новопортовской площади п-в Ямал в известняках открыта залежь газоконденсата; на Северо-Варьганской площади в зоне выщелачивания карбонатных пород среди глинистых сланцев — залежь нефти. Иногда залежи находятся в ультрабазитах (Фестивальная площадь). Таким образом, в зонах налегания региональных, зональных и локальных экранов и выклинивания нефтегазовых толщ юры в пределах эрозионно-тектонических выступов фундамента формируются залежи углеводородов стратиграфического типа. Оценка категории начальных суммарных ресурсов эрозионно-тектонических выступов выполнена на основании стратиграфического объема и суммарной плотности ресурсов нефтегазовых комплексов, прилегающих к выступам фундамента с учетом вероятного типа коллектора. Плотность ресурсов отдельных районов эрозионно-тектонических выступов (Вартовско-Песцового, Парабель-Газовского, Новопортовского, Бованенковского) приравнена преимущественно к категории 20—100 тыс.т/км², некоторые районы оценены категорией 100 тыс.т/км².

Юрские и меловые отложения. В Западно-Сибирском нефтегазовом мегабассейне начальные суммарные геологические ресурсы в юрских и меловых отложениях оцениваются четырьмя категориями плотности (тыс.т/км²): 200, 100—200, 20—100, 20.

Наибольшая плотность 200 тыс.т/км² характерна для центральной части Западно-Сибирского мегабассейна, широкой полосой протянувшаяся от Тазовской губы на севере до р.Демьянка на юге (Надым-Пурская, большая часть Фроловской, Среднеобской и Красноленинской нефтегазовых областей) и включает Яма-

льскую нефтегазовую область (рис. 4). Здесь находятся все месторождения-гиганты нефти (Самотлор, Сургутская группа месторождений, Тевлинско-Русскинское, Повховское, Красноленинское, Федоровское и др.) и газа (Уренгойское, Ямбургское, Бованенковское, Харасавейское и др.). В Уренгойском нефтегазовом районе в ачимовских алевролит-песчаных пластах неокома открыты крупные залежи газоконденсата. Аналогичные продуктивные пласты открыты в последнее время на Ямбургском газовом месторождении. По интерпретации региональных сейсмических профилей ачимовские продуктивные пласты, очевидно, развиты вдоль Колтогорско-Уренгойского желоба в южном направлении и на территории Гыданской нефтегазовой области к северу от Мессояхской гряды.

Плотность ресурсов по категории 100—200 тыс.т/км² свойственна западным и северо-восточным территориям провинции, где открыт ряд месторождений со средними и крупными (Харампурское) запасами. В юго-восточной части провинции (Томская область и восток Ханты-Мансийского автономного округа) плотность ресурсов относится к категории 20—100 тыс.т/км². Плотность начальных суммарных геологических ресурсов северо-западных и юго-восточных районов Западно-Сибирской плиты, некоторых центральных и восточных районов Томской области отнесены к категории 20 тыс.т/км².

Из анализа ресурсной базы углеводородного сырья Западно-Сибирского мегабассейна следует, что в ближайшие десятилетия по остаточным ресурсам данный бассейн остается главным по добыче нефти, газа и конденсата в России [2, 5, 7].

В Восточно-Сибирском мегабассейне промышленная нефтегазовость юрских и особенно нижней части разреза меловых отложений установлена лишь на западе ее краевых мезозойских депрессий Енисей-Хатангской нефтегазовой области, выделяемой в рамках одноименного регионального прогиба (см. рис. 4).

В раннеюрскую эпоху здесь началось накопление перспективной на нефть и газ терригенной субаквальной толщи юрских и меловых отложений, продолжившееся и в средней юре. Бассейновые отложения, имея в поперечном профиле синклиналиную форму, заполняли почти всю площадь формирующейся депрессии. В позднеюрскую эпоху не только существенно расширилась площадь полифациальной седиментации, но и усложнилась внутренняя структура бассейна вследствие формирования в конце средней — начале поздней юры субширотной системы поднятий II порядка. В предваланжинское время в своде этих поднятий были частично размыты среднеюрские отложения. Именно в раннемеловую эпоху наиболее активно проявился рост структур I и II порядков (Малохетский, Джангодско-Тундровый, Волочанский и Балахнинский валы, Курьинское поднятие), что сопровождалось движения-

ми по дизъюнктивам. Позднемеловая эпоха отличалась сравнительно спокойным тектоническим режимом.

Детальный анализ строения залежей и месторождений, условий залегания нефтегазоносных и нефтегазоперспективных отложений, литофациальных с элементами палеогеографии и геохимических особенностей разреза, выяснение особенностей строения субрегиональных и зональных резервуаров с отражением фильтрационно-емкостных и изолирующих свойств пород, наконец, выделение преобладающих типов ловушек — совокупность всей этой аналитической информации положена в основу оценки начальных геологических ресурсов Енисей-Хатангского прогиба. При всей дифференцированности перспективных земель наиболее высокая их градация (20—100 тыс. т/км²) наблюдается в его западной части, где сочетания региональных и локальных условий нефтегазообразования и нефтегазонакопления наиболее благоприятны. Перспективы других районов прогиба оценены по категории 20 тыс.т/км² (см.рис. 4).

Основные перспективы Вилюйской нефтегазоносной области связаны с отложениями верхней перми и нижнего (нижний триас) мезозоя. Юрские отложения сравнительно невысоких (20 тыс.т/км²) перспектив фиксируются лишь в пределах Хапчагайского мегавала. Меловые отложения молассовой формации интереса в нефтегазоносном отношении не представляют.

Из представленных в статье материалов можно сделать следующие **выводы**:

1. Обоснована промышленная значимость нефтегазоносности осадочных комплексов и нефтегазоносных горизонтов рифей-венда и фанерозоя платформенных областей Сибири.

2. Приведены плотности начальных суммарных геологических ресурсов условных углеводородов.

3. Показано, что в пределах Восточно-Сибирского мегабассейна наиболее богатые углеводородами комплексы содержатся в рифей-вендских отложениях южной части Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции, максимальные плотности контролируются сводовыми частями Непско-Ботуобинской и Байкитской антеклиз, а существенно меньшие характерны для склонов антеклиз и прилегающих отрицательных структур.

4. Изучены процессы формирования залежей углеводородов стратиграфического типа в зонах дезинтеграции пород фундамента Западно-Сибирского мегабассейна. Дана оценка категорий начальных сум-

марных геологических ресурсов эрозионно-тектонических выступов с учетом стратиграфического объема, вероятного типа коллектора дезинтегрированных пород и суммарной плотности ресурсов нефтегазоносных комплексов, прилегающих к выступам фундамента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Битнер А.К., Кригин В.А., Кузнецов Л.П. Нефтегазоносность древних продуктивных толщ запада Сибирской платформы. — Красноярск, 1990.
2. Геология нефти и газа Западной Сибири / Под ред. А.Э.Конторовича, И.И.Нестерова, Ф.К.Салманова и др. — М.: Недра, 1975.
3. Геология и нефтегазоносность Лено-Тунгусской провинции / Под ред. Н.В.Мельникова. — М.: Недра, 1977.
4. Геология нефти и газа Сибирской платформы / Под ред. А.Э.Конторовича, В.С.Суркова, А.А.Трофимука. — М.: Недра, 1981.
5. Геологическое строение и нефтегазоносность нижней—средней юры Западно-Сибирской провинции / Под ред. В.С.Суркова. — Новосибирск: Недра, 2005.
6. Жеро О.Г., Смирнов Л.В., В.С.Сурков. О перспективах нефтегазоносности доюрского фундамента Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика. 1968. №11. С. 3—11.
7. Западная Сибирь. Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т.2. / Под ред. А.Э.Конторовича, В.С.Суркова. — С-Пб., 2000.
8. Конторович А.Э., Ефимов А.С., Кригин В.А. и др. Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности кембрия и верхнего протерозоя юго-востока Западной Сибири // Геология и геофизика. 2004. Т. 41. №12. С. 1615—1636.
9. Конторович А.Э., Конторович В.А., Беляев С.Ю. и др. Предъенисейская нефтегазоносная провинция — новый перспективный объект поисков нефти и газа в Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. №5—6. С. 9—22.
10. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Западно-Сибирской плиты / Под ред. В.С.Суркова. — М.: Недра, 1986.
11. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры нефтегазоносных провинций Сибирской платформы / Под ред. В.С.Суркова. — М.: Недра, 1987.
12. Мельников Н.В., Шемин Г.Г., Ефимов А.О. Региональные резервуары нефти и газа Лено-Тунгусской провинции / Результаты региональных геолого-геофизических исследований Сибири. — Новосибирск, 1989. С. 37—49.
13. Старосельцев, В.С., Дивина Т.И. Сравнительный анализ перспектив формирования крупных скоплений углеводородов на севере Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. 2001. №11—12. С. 1918—1926.
14. Старосельцев, В.С. Геологические условия нефтегазоносности чехла Сибирской платформы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2002. №9. С. 4—8.
15. Сурков В.С., Смирнов Л.В., Крамник В.Н. и др. Геологическое строение и проблемы нефтегазоносности фундамента Западно-Сибирской плиты / Геология и проблемы поисков новых крупных месторождений нефти и газа Сибири (Результаты работ по Межведомственной региональной программе «Поиск» за 1994 г.) Ч. II. — Новосибирск, 1996. С. 3—7.

Все о полиметаллах Тянь-Шаня

В.П.ФЕДОРЧУК (ВИЭМС)

Автор этой книги* — Хабибулла Асатович Акбаров, академик АН Узбекской ССР — Республики Узбекистан, начал свою научную деятельность в 1958 г. в Среднеазиатском институте геологии и минерального сырья (САИГИМС), где в течение ряда лет возглавлял отдел методики разведки месторождений полезных ископаемых, занимаясь преимущественно изучением полиметаллического оруденения Тянь-Шаня и других регионов бывшего СССР — от Кавказа до Дальнего Востока, уделяя особое внимание прогнозированию скрытых рудных залежей в масштабах рудных полей и месторождений. Рецензируемая книга вобрала в себя накопленный им за многие десятилетия опыт, а о масштабах собранного материала свидетельствуют цифры: более 100 объектов детально изучено с составлением структурных прогнозных карт, они охарактеризованы 273 иллюстрациями (карты, разрезы, диаграммы) и 158 таблицами. Необходимо отметить и то, с каким вниманием Х.А.Акабаров относится к опыту своих предшественников и коллег: в списке использованной (действительно использованной!) литературы 492 наименования (к сожалению, пропущена фамилия А.А.Амирасланова — автора одной из первых монографий по свинцу и цинку). Рецензируемая монография, по существу, — это развернутый справочник по проблемам полиметаллов Тянь-Шаня.

В книге 9 глав. Приведем их краткое содержание.

Глава I. Общие сведения о полиметаллических месторождениях Тянь-Шаня и мира. Подчеркивается, что это не только свинец и цинк, но и целая гамма полезных ископаемых, включая рассеянные элементы и нерудное сырье. Говоря о металлогении Тянь-Шаня, автор выделяет три основных его провинции: Северную, Среднюю и Южную, и приводит краткие данные об истории их изучения.

Глава II. Геологическое строение и формации Тянь-Шаня. В этой главе дан исторический обзор эволюции терминов, связанный с использованными в книге понятиями, начиная с рудного поля и заканчивая рудной формацией. Акцент сделан на том, что, несмотря на различие подходов, превалирует естественно-историческое или генетическое их понимание (в частности, это относится к геологическим формациям). Автор применительно к Тянь-Шаню выделяет геологические формации: сланцевую, карбонатную, вулканогенную, интрузивную, контактово-

тасоматическую, характеризуя их специфические физико-механические, геохимические и другие свойства.

Глава III. Геолого-структурные типы полиметаллических рудных полей и месторождений. После обстоятельного обзора публикаций по этой проблеме автор дает свою оригинальную классификацию полиметаллических рудных полей и месторождений Тянь-Шаня, включающую 5 групп (складчатая, приразломная, вулканоструктурная, приконтактная, комбинированная) и 23 типа в 7 геологических формациях. Выделено 4 ведущих структурно-морфологических типа рудных полей (согласные, секущие, контактовые и сложные) с рядом подтипов (пластовые и плащеобразные, жильные и линзообразные, гнездо- и штокообразные и более сложной, комбинированной морфологии). Каждому из выделенных типов соответствуют свои методические приемы разведки. Классификация, представленная в табличной форме, иллюстрируется конкретными примерами из опыта изучения и разведки полиметаллических месторождений Тянь-Шаня. Таблица и текст дополняются наглядными планами-разрезами, отражающими специфику конкретных месторождений. В приведенную схему не укладывается месторождение Кан в Южной Фергане, представленное бескорневыми минерализованными глыбами карбонатно-терригенных пород, заключенных в пластичной массе серпентинитов. По данным Г.Г.Кравченко, оруденение в них связано с системой рудоподводящих разломов. Это месторождение следовало бы, по-видимому, отнести в самостоятельную группу, тем более что за рубежом объекты такого типа известны, а на территории стран СНГ к ним относятся промышленные месторождения золота, ртути и др. Можно было также выделить в особый подтип месторождения в сланцево-эффузивных толщах (например, Филизчай в Азербайджане, Граматиково в Болгарии и др.).

Глава IV. Структурно-морфологические типы рудных тел. В этой главе дана развернутая характеристика четырех ведущих типов, о которых говорилось в предыдущей главе. Автор выделяет всего 14 основных структурно-морфологических типов рудных тел. Для каждого типа выделены ведущие рудоконтролирующие факторы и определена структурная позиция.

Глава V. Факторы локализации оруденения, методика их изучения и количественной оценки. Здесь автор выделяет две группы таких факторов: 1) рудогенетические, рудоконтролирующие, рудо локализирующие; 2) литолого-петрографические, структурные, тектонические, физико-химические, магматические, седиментационные, эрозийного среза. В первую

*Акбаров Х.А. Геолого-структурные условия размещения и прогнозирование оруденения на полиметаллических рудных полях Тянь-Шаня. — Ташкент: ТГТУ, 2006.

группу следовало бы добавить рудоподводящие и рудораспределяющие, а также пострудно-деструкционные факторы, а во вторую — метаморфогенные и окислительно-восстановительные (применительно к зонам вторичного обогащения, играющим на ряде месторождений самостоятельную промышленную роль, как в Северном Алжире, Иране, Казахстане, Узбекистане).

Особое внимание в работе уделено физико-механическим свойствам рудовмещающих горных пород. Они отражены в 54 таблицах и на соответствующих разрезах и графиках. Исключительно ценный фактический материал! К нему у рецензента есть лишь одно замечание: не рассмотрена специально природа так называемых «полосчатых руд», которые характерны для месторождений, залегающих в толщах слоистых доломитов (Миргалимсай в Южном Казахстане, Сумсар в Северной Фергане, многочисленные объекты типа Миссисипи—Миссури в США, КНР, Северном Алжире и др.). В.А.Невский считает их возникновение результатом развития заблокированных складок, сопровождающегося образованием структур внутриформационного расслоения.

Глава VI. Поисковые критерии. Главная цель главы — выделить два направления: 1) изучение первичных ореолов рассеяния; 2) оконтуривание первичных (а есть ли вторичные?) ореолов (здесь лучше подошло бы — ареалы) пропаривания. Первое направление иллюстрируется опытом изучения геохимических ореолов на 40 месторождениях полиметаллов (24 таблицы, 26 разрезов-графиков) Сделаны основные выводы в отношении геохимических ореолов: 1) ведущая роль в ореолах рудообразующих элементов; 2) не менее важная — попутных; 3) противопоставление ореолов трех групп: над-, внутри- и подрудных; 4) морфологический контроль согласных и контактовых поверхностей, апофиз секущих разломов; 5) расширение ореолов по мере приближения к палеоповерхности; 6) прямая корреляция между пористостью и трещиноватостью пород, а также размерами и формой ореолов. Эти выводы берутся за основу прогнозирования скрытого оруденения.

Что касается ореолов пропаривания, отстраиваемых по результатам декрипитационного анализа, то следует согласиться с автором, что они должны использоваться в целях прогнозирования наравне (и параллельно!) с геохимическими ореолами в качестве критериев (а часто и прямых поисковых признаков) при прогнозировании и поисках скрытого оруденения (и не только полиметаллического, что доказано работами Ш.С.Султанмуратова на примере Западно-го Узбекистана).

Замечания к этим двум разделам, чрезвычайно важным и обильно насыщенным фактическим материалом, таковы: 1) не оговорена разница между критериями и признаками (прогнозными и поисковыми); 2) не рассмотрены макроиндикаторы скрытого поли-

металлического оруденения (один из наиболее наглядных примеров — жильно-гнездовые тела в надрудных известняках Алтын-Топкана).

Глава VII. Геолого-структурная позиция рудных полей и месторождений. Применительно к Тянь-Шаню автор для каждой из пяти выделенных им геологических формаций рассматривает по три типоморфные позиции: по отношению к складчатым и разрывным рудоконтролирующим структурам, с одной стороны, и интрузивным массивам, с другой. При этом принимаются во внимание два фактора: тектонический режим, преобладавший в период формирования рудных полей и месторождений, и ведущие структурно-морфологические типы рудных тел. Каждая позиция иллюстрируется примерами конкретных месторождений, всего их 26. Весьма показательны графические приложения — типоморфные схемы и разрезы. Статистические данные представлены в виде сводных таблиц, отражающих типы структур, их масштабы и распределение с количественной оценкой степени продуктивности различных формаций.

Глава VIII. Детальные геолого-прогнозные карты и их значение при поисках и разведке полиметаллических месторождений. Это основная глава в книге, ей подчинен весь материал, изложенный в предыдущих разделах. Здесь сконцентрирован многолетний опыт автора по составлению таких карт практически для всех промышленных рудных полей и месторождений Тянь-Шаня и ряда других регионов бывшего СССР: отражены задачи, стоящие перед составителями таких карт, методика сбора, обработки, анализа и использования исходного фактического материала (в т.ч. и адаптация уже существующих геологических и других карт), рекомендации по созданию структурных карт применительно к рудоконтролирующим, рудоподводящим, рудо локализирующим, маркирующим и рудоограничивающим поверхностям с нанесением на них всех проявлений оруденения и их индикаторов. На картах выделены позиции разной степени перспективности и дана их качественно-количественная оценка по совокупности прогнозных факторов. Эти карты — не констатация степени изученности на данный момент, а инструмент постоянного действия: каждый новый факт должен найти на них отражение с соответствующей оценкой перспектив. Иначе говоря, они должны находиться на рабочем столе геолога на всех этапах геологоразведочного процесса — от прогнозирования до эксплуатационной разведки. И даже после отработки основной части рудного поля (как средство возможного продления жизни рудника). Бесценный опыт!

Глава IX. Вопросы методики и экономики геологоразведочных работ — заключительная глава книги, где рассмотрен ряд актуальных проблем, значение которых резко возросло в условиях рыночной экономики, когда каждое месторождение, вводимое в эксплуатацию, обязательно должно быть прибыльным. Автор

предлагает ориентироваться на следующие исходные положения: 1) изменчивость основных параметров оруденения в различных геолого-структурных типах рудных полей и месторождений; 2) возможность использования статистических законов распределения полезных компонентов в их пределах. Применительно к Тянь-Шаню в качестве наиболее перспективных выделяются рудные узлы (Кармазарский, Алмалыкский, Хандизинский, Учкулачский, Акбулакский, Чаткальский, Кумышканский, Лашерекский, Актюзский, Сумсарский, Канский, Курганский, Сонкульский, Бабахан-Джолсайский и, возможно, Кугитангский). С этим нельзя не согласиться.

Резюмируя сказанное, необходимо подчеркнуть следующее: 1) монография Х.А.Акбарова представляет собой энциклопедический справочник по полиметаллам Тянь-Шаня; 2) в своих структурных построениях автор исходит из классических канонов гидротермальной концепции, в чем рецензент с ними солидарен, однако следует учитывать и другие точки зрения (исходно-осадочная, осадочно-эксгаляционная, метаморфогенная, «черных курильщиков», вулканогенно-колчеданная и др.); 3) недостаточно оце-

нена роль доломитов и гидротермально доломитизированных пород, с которыми связано подавляющее число стратиформных месторождений типа Миссисипи—Миссури.

В целом, материал книги позволяет потенциальному инвестору более уверенно подходить к оценке степени риска капиталовложений в освоение полиметаллических месторождений (и не только Тянь-Шаня!). Что же касается риска при разведке месторождений, то это уже задача соответствующих геологических служб (для них материала также более чем достаточно).

Книга найдет своего читателя как среди геолого-разведчиков, работников научно-исследовательских институтов и вузов, так и производственников. Сделанные рецензентом замечания адресованы преимущественно ученикам и последователям Х.А.Акбарова, продолжающим изучение полиметаллических месторождений.

Отдельно отметим отличное полиграфическое оформление книги, выпущенной издательством Ташкентского государственного технического университета им. А.М.Беруни.

К 100-летию со дня рождения Александра Степановича Хоментовского

В Хабаровске, на здании Института водных и экологических проблем ДВО РАН висит мемориальная доска, на которой золотыми буквами написано: «В этом здании в 1963—1970 гг. работал видный советский ученый в области геологии, географии, охраны природы, организатор академической науки на Дальнем Востоке, лауреат Государственной премии СССР, член-корреспондент АН СССР Хоментовский Александр Степанович».

А.С.Хоментовский прожил большую творческую жизнь, насыщенную научной, производственной, педагогической и общественной деятельностью. С его именем связано исследование таких крупных народнохозяйственных объектов как Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс и районы строительства Богучанской и Зейской ГЭС, открытие Южно-Уральского угольного бассейна, освоение Оренбургского газового комплекса, организация академических научно-исследовательских институтов в Дальневосточном филиале СО АН СССР, открытие заповедников на Дальнем Востоке и Южном Урале.

А.С.Хоментовский родился 24 марта 1908 г. в г.Петербург в семье инженера путей сообщения. Детские и юношеские годы его прошли в Оренбурге. В 1930 г. он окончил Сибирский технологический институт (г.Томск), получив специальность горного инженера. Производственную и научную деятельность он начал в должности начальника геологической партии в Восточной Сибири, где принял участие в открытии и разведке Канско-Ачинского угольного бассейна, защитив в 1938 г. диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

В 1941—1943 гг. Александр Степанович Хоментовский участвовал в Великой Отечественной войне, был награжден боевыми орденами и медалями. Отозванный с действующего фронта как ученый геолог-угольщик (страна испытывала дефицит энергетического сырья) в 1943 г., А.С.Хоментовский был направлен правительством СССР в трест «Южуралуглеразведка» (г.Оренбург), где участвовал в открытии и разведке Южно-Уральских месторождений угля с запасами в сотни миллионов тонн на территории Оренбургской области и Башкирии. За эти заслуги ему в составе группы геологов присвоено высокое звание лауреата Государственной (Сталинской) премии СССР (1950). Научно-методические разработки А.С.Хоментовского привели к блестящим открытиям новых угольных месторождений не только на Южном Урале, но и на Дальнем Востоке России, а также в дальневосточных зарубежных странах — Китай, Корея, Вьетнам.

В 1951 г. по просьбе китайских геологов правительством СССР А.С.Хоментовский командирован в Китай, где под его руководством и по разработанной им методике были развернуты широкомасштабные

поиски и разведка угольных месторождений. Итогом этих работ стало открытие 16 угольных месторождений на Востоке Китая и публикация крупной работы «Основные особенности геологического строения восточной части Китая».

В 1954 г. в Институте геологических наук АН СССР (г.Москва) А.С.Хоментовский защитил докторскую диссертацию на тему: «Закономерности размещения буругольных месторождений Южно-Уральского бассейна в зависимости от его структур и тектонического развития». Официальными оппонентами на защите диссертации были доктора геолого-минералогических наук, будущие знаменитые академики АН СССР Ю.А.Косыгин и А.Л.Яншин.

В 1955—1957 гг. А.С.Хоментовский работал в Саратовском государственном университете в должности заведующего кафедрой динамической геологии, а в 1957 г. правительством СССР по просьбе китайской стороны он вторично командирован в Китай для подготовки научных кадров. В течение 1957—1958 гг. под его руководством в КНР было подготовлено 17 кандидатов наук, а также написана и издана на китайском языке монография (курс лекций) «Геология неметаллических полезных ископаемых» (Пекин, 1960). За работу по подготовке научных кадров Александр Степанович был награжден медалью КНР «Советско-китайская дружба».

После возвращения из Китая в 1958—1960 гг. А.С.Хоментовский заведовал кафедрой поисков и разведки в Пермском государственном университете, а также кафедрой геологии в Пермском политехническом институте (сейчас Технический университет). Кроме того, он был научным руководителем крупного межвузовского проекта с Пермским геологоразведочным трестом «Мезозойские осадочные формации северо-востока Русской платформы» (в бассейнах рек Кама, Вятка, Сысола и Печора).

В 1960 г. А.С.Хоментовский был избран членом-корреспондентом АН СССР и назначен председателем президиума Дальневосточного филиала СО АН СССР (1960—1964 гг.), где открыл ряд академических подразделений и научно-исследовательских институтов: во Владивостоке лабораторию осадочных формаций в ДВГИ (1960), Биолого-почвенный институт (1962), Институт биологически активных веществ (1964), в г.Благовещенск геолого-геофизическую лабораторию (1961). В Хабаровске в 1963 г. он организовал академическую группу лабораторий геолого-географического направления, на базе которой в 1968 г. открыл первый в городе академический институт — Хабаровский комплексный научно-исследовательский институт СО АН СССР и стал первым директором этого института (1968—1970 гг.), из которого позже выделились в качестве самостоятельных структур Институт тектоники и геофизики

(1971), Институт экономических исследований (1976), Вычислительный центр (1981), Институт горного дела (1983).

А.С.Хоментовский был ученым исключительно широкого научного кругозора не только в области геологии, тектоники и полезных ископаемых, но и в целом в науках о Земле, о чем свидетельствуют и его ранние публикации по географии Восточной Сибири и Южного Урала. Большое внимание он уделял геолого-географическим проблемам Дальнего Востока России, в частности гидрохимии минеральных вод острова Кунашир Большой Курильской гряды, особенностям развития рельефа кайнозойских вулканических плато, закономерностям образования четвертичных отложений в тектонических впадинах. Он выполнил инженерно-экономическое и экологическое обоснование двух крупных народнохозяйственных проектов Нижнего Приамурья — строительство канала от оз.Большое Кизи до бухты Табо Татарского пролива и возведение каскада гидротехнических сооружений в Амгунь-Горинском междуречье в пределах Эворонской тектонической впадины. Эти проекты актуальны и сейчас в связи с хозяйственным освоением Байкало-Амурской магистрали и проблемой энергетического обеспечения региона.

Исключительно велика роль А.С.Хоментовского в деле охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморья и Приамурья. По его инициативе в 1963 г. были созданы Большехецирский, Комсомольский, Хинганский и Зейский заповедники, что открыло новые возможности для изучения животного и растительного мира Уссурийской тайги. При Президиуме Дальневосточного филиала СО АН СССР А.С.Хоментовский организовал Комиссию по охране природы, которая много сделала для пропаганды идей охраны природы и научных практических проектов по их реализации в ходе рационального природопользования, выпуская сборники научных трудов «Охрана природы на Дальнем Востоке» под его редакцией (1963, 1964).

Работая на Дальнем Востоке, А.С.Хоментовский был организатором и председателем ряда крупных научных всесоюзных совещаний и конференций по геолого-географической тематике — «Развитие производительных сил дальнего Востока» (Владивосток, 1962), «Охрана, рациональное использование и воспроизводство естественных ресурсов Приамурья» (Хабаровск, 1967), «Проблемы изучения четвертичного периода» (Хабаровск, 1968) и др.

На Дальнем Востоке А.С.Хоментовский успешно налаживал международные связи ученых. С этой миссией он побывал в КНДР (1961), Вьетнаме (1962) и Японии (1966). Так, были проведены совместные полевые геологические исследования с учеными КНДР. Результатом этих работ стала крупная фундаментальная монография под его редакцией и в соавторстве «Геологическое строение Северо-Восточной Кореи и Юга Приморья» (1966).

В декабре 1970 г. А.С.Хоментовский возвращается на Урал, сначала в г.Пермь, а с 1973 г. в г.Оренбург, где проводит геолого-географические исследования, создав и возглавив в Оренбургском политехническом институте кафедру инженерной геологии и геодезии. Под его руководством и при непосредственном участии в Оренбурге и в целом на Южном Урале разрабатывались крупные проекты рационального природопользования, в частности водных ресурсов, мелиорации и рекультивации нарушенных земель, охраны окружающей среды, велись подготовительные работы по организации Оренбургского степного заповедника.

На протяжении всей трудовой деятельности А.С.Хоментовский занимался преподавательской работой, заведовал кафедрами геологического профиля в вузах Красноярска, Саратова, Перми, Оренбурга. Как выдающийся ученый он вошел в Большую Советскую Энциклопедию (1978). Опубликовал более 300 научных работ, подготовил 40 докторов и кандидатов наук, был редактором многочисленных сборников научных трудов и монографий. Основные научные труды А.С.Хоментовского посвящены закономерностям образования и пространственного размещения угольных и других осадочных месторождений полезных ископаемых Сибири, Дальнего Востока и Южного Урала, классификации осадочных формаций, современному осадконакоплению на платформах и в складчатых зонах, неотектоническим процессам при формировании рельефа, эволюции географических ландшафтов и другим проблемам геологической и географической среды.

Умер А.С.Хоментовский 14 марта 1986 г., похоронен в г.Оренбург. Память о выдающемся ученом Александре Степановиче Хоментовском жива в России, особенно в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и Урале — в его делах, научных трудах, учениках и последователях.

П.В.Ивашов

К 95-летию со дня рождения Андрея Сергеевича Соколова

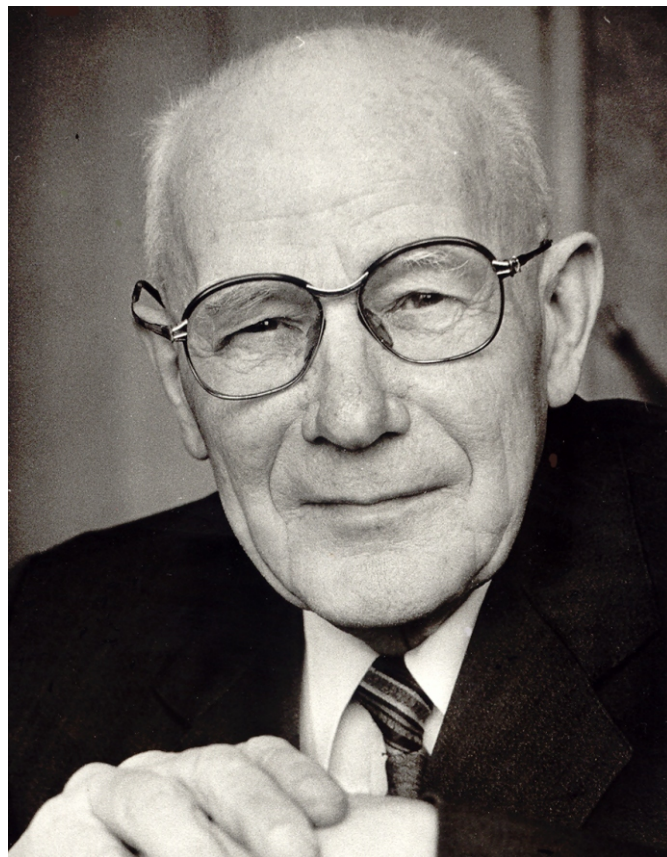
27 апреля 2008 г. исполнилось 95 лет со дня рождения Андрея Сергеевича Соколова (27.04.1913—15.03.2007) — выдающегося исследователя агрохимических и серных руд, одного из создателей сырьевой базы горно-химического сырья СССР, крупного литолога и специалиста в области геологии и изучения полезных ископаемых.

А.С.Соколов родился в г.Москва. С 16 лет, еще учась в школе, он начал работать в геологических экспедициях в разных регионах страны (Урал, Сибирь, Казахстан, Кавказ). Поступив в 1938 г. в Московский геологоразведочный институт им. С.Орджоникидзе (МГРИ), окончил его с отличием. Еще в студенческие годы он проявил черты лидера даже в спорте — в 1933 и 1934 гг. был капитаном сборной Москвы по волейболу, завоевавшей звание чемпиона СССР. Позже, в 1967 г., будучи уже известным ученым, стал чемпионом Москвы по теннису среди спортсменов старшего возраста.

Сразу после окончания МГРИ А.С.Соколов начал заниматься исследованиями крупнейшего в СССР Каратауского фосфоритоносного бассейна, работая старшим геологом Каратауской экспедиции Научно-исследовательского института по удобрениям и инсектофунгицидам им. Я.В.Самойлова (НИУИФ) и в управлении строительства горно-химического комбината «Каратау». Андрей Сергеевич руководил разведкой крупнейших месторождений бассейна (в частности, Коксу, Аксай и Чулактау), запасы по которому были утверждены в 1941 г. В 1946 г. за открытие и изучение Каратауского бассейна в составе группы геологов ему была присуждена Государственная премия СССР.

В 1943 г. Андрей Сергеевич Соколов был назначен главным геологом серного рудника Шорсу в Узбекистане, где провел разведку и подсчет запасов. Так начался новый важный этап в деятельности А.С.Соколова — исследования серных руд страны, которые он продолжил в Научно-исследовательском институте горно-химического сырья (ГИГХС), куда был переведен в 1944 г. и где проработал почти 60 лет.

В ГИГХС он развернул исследования по самородной сере, включая прогнозные работы, поиски, разведку. Под руководством А.С.Соколова и при его непосредственном участии было доизучено разрабатываемое Гаурдакское месторождение, что привело к резкому увеличению добычи серы, а в 1948—1949 гг. был сделан прогноз выявления на территории СССР районов, наиболее перспективных на серу. По аналогии с серными месторождениями Италии в качестве первоочередного региона для изучения он выдвинул территорию Предкарпатья, и вскоре во время поисков там газовых месторождений глубокой скважиной в районе с.Раздол были вскрыты сероносные известняки. А.С.Соколов руководил начатыми в этом



районе поисковыми работами, которые привели к открытию очень крупного Раздольского месторождения, разведке и защите его запасов. Была создана сырьевая база для строительства крупнейшего в мире серного комбината. После обобщения материалов региональных и поисковых работ А.С.Соколов обосновал присутствие здесь крупнейшего сероносного бассейна, протянувшегося к северо-западу на территорию Польши, что вскоре подтвердилось вскрытием структурной скважиной сероносных пород. По просьбе правительства Польши А.С.Соколов провел в этой стране консультации по проведению поисковых работ, которые привели к выявлению вблизи г.Гарнобжег крупного месторождения серы, а в дальнейшем и еще более значительных месторождений, что вывело Польшу по запасам серы на первое место в мире.

За открытие месторождений серы Предкарпатья А.С.Соколов с группой геологов был награжден Государственной премией Украины, а так же знаком «Первооткрыватель месторождения».

Результаты исследований серных месторождений, установленные закономерности их размещения и образования были обобщены им в представленной к защите кандидатской диссертации на совете геологического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова (МГУ). Учитывая высокую оценку, данную этой работе специалиста-

ми, ученый совет присудил А.С.Соколову ученую степень доктора геолого-минералогических наук.

Андрей Сергеевич Соколов оказывал значительную научно-техническую помощь и давал ценные консультации по изучению серных месторождений в Афганистане, Индонезии, Румынии. В этот период он разработал оригинальную теорию инфильтрационно-метасоматического образования самородной серы из гипса под воздействием углеводородов, чем положил конец почти столетней дискуссии о генезисе самородной серы.

В 1967 г. А.С.Соколов возглавил геологическую лабораторию ГИГХС — большой коллектив высококвалифицированных исследователей, с которым он провел серию работ по обоснованию, разработке методики и проведению поисков, разведки и подготовки к освоению месторождений горно-химического сырья на территории СССР и в ряде зарубежных стран. Ни одно отечественное исследование объектов горно-химического сырья не оставалось вне внимания А.С.Соколова.

Особенно велик вклад Андрея Сергеевича Соколова в исследования фосфоритов и апатитовых руд. Он предложил новую классификацию фосфоритовых месторождений, раскрыл роль вторичных процессов в их природном обогащении, выполнил оценку и наметил причины неравномерного распределения месторождений по стратиграфической колонке, сделал обзоры мировых ресурсов фосфатного сырья, его добычи и мировой торговли, на перспективу определил наиболее интересные объекты для освоения, взамен выбывающих. Существенен вклад А.С.Соколова в разработку проблемы генезиса фосфоритов, в частности, роли поступления глубинного фосфора в океанические бассейны. До самых последних дней он занимался этими вопросами, отстаивая свои теоретические представления.

Исключительно важную работу он проводил в Межведомственном литологическом комитете, членом которого был с 1972 г., а с 1974 г. стал членом его бюро и председателем секции литологии фосфоритовых и галогенных формаций. Благодаря колоссальной энергии и выдающимся организаторским способностям ему удалось организовать и провести

10 всесоюзных и международных совещаний по проблемам геологии фосфоритов и самородной серы. В частности, благодаря этим совещаниям в стране сформировался коллектив высокопрофессиональных специалистов в области фосфатного сырья — один из сильнейших в мире, что позволило российской науке выйти на самые передовые позиции в теории фосфоритообразования.

Большое внимание А.С.Соколов уделял организации информации и публикациям результатов исследований. С 1975 г., в течение двадцати лет он был членом редколлегии журнала «Литология и полезные ископаемые», редактором многочисленных трудов ГИГХС, разных совещаний, семинаров. Его авторству принадлежит почти 400 научных и научно-технических работ, из которых около 240 опубликовано. Крупный специалист по разведке месторождений, он с 1948 г. являлся экспертом Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых СССР, а с 1956 г. — членом Экспертно-технического совета, где участвовал в подготовке 110 экспертиз по отчетам с подсчетом запасов. Им подготовлено 17 кандидатских диссертаций и несколько докторских диссертаций.

Выдающаяся деятельность А.С.Соколова высоко оценена государством и обществом. Он заслуженный геолог РСФСР, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, Почетный разведчик недр, Почетный химик, Почетный гражданин города Каратау, действительный член Российской академии естественных наук и Академии горных наук. В 1999 г. биография А.С.Соколова была включена в издаваемый в США сборник биографий наиболее известных в мире людей — «Who is who in the World?»

Андрей Сергеевич Соколов был интеллигентным, высоко эрудированным, добрым, чутким и очень жизнерадостным человеком, собравшим вокруг себя большую группу коллег — единомышленников и друзей. Талантливый геолог, превосходный организатор, прекрасный учитель и друг навсегда останется в памяти тех, кто его знал!

*Ученый совет ГИГХС
Редколлегия журнала*

95-летие Николая Алексеевича Шило

7 апреля 2008 г. исполнилось 95 лет НИКОЛАЮ АЛЕКСЕЕВИЧУ ШИЛО — ученому с мировым именем, академику Российской академии наук, Герою Социалистического Труда, лауреату Государственной премии, признанному лидеру в области геологии россыпных месторождений.

Н.А.Шило, окончив в 1937 г. Ленинградский горный институт, по рекомендации Ю.А.Билибина выехал на работу в Северное горнопромышленное управление «Дальстрой». С этого времени вся его многолетняя практическая и научная деятельность была тесно связана с Северо-Востоком России — основным золотодобывающим «цехом» нашей страны. Начиная трудовой путь Николай Алексеевич проработал Хатыннахской геологоразведочной партии, вскоре был назначен начальником отдела разведки россыпей, а затем возглавил геологическую службу горнодобывающего района в должности заместителя начальника Северного горного управления и начальника районного геологоразведочного управления. В первые же годы работы под его руководством и при непосредственном личном участии в районе были открыты и разведаны месторождения золота, олова, вольфрама, молибдена и других полезных ископаемых. Уже в начале производственной деятельности, связанной с разведкой россыпей, Н.А.Шило публикует в бюллетене «Колыма» (1940) свои первые две статьи, ставшие началом его долгого научно-исследовательского творчества. Эти публикации были непосредственно направлены на повышение достоверности геологоразведочных данных при разведке и подсчете запасов россыпей золота. Данных статей оказалось достаточно, чтобы обратили внимание в геологическом руководстве «Дальстроя» на Николая Алексеевича и уже в декабре 1944 г. он был полноправным участником первой дальстроевской конференции геологов в г.Магадан.

При решении практических задач зарождались фундаментальные теоретические работы Н.А.Шило, опубликованные в Материалах по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Изучая закономерности распределения золота в рыхлых отложениях, он один из первых в своей публикации (1949) обратил внимание геологов на чрезвычайно слабую перемещаемость частиц золота речными потоками при формировании россыпей, что является основным фактором, характеризующим закономерности их распределения в продуктивных пластах.

Успехи в решении практических и научных задач по развитию минерально-сырьевой базы Северо-Восточного региона страны принесли Н.А.Шило заслуженное признание. В 1950 г. молодой талантливый геолог и руководитель возглавил только что созданный первый на Колыме Восточный научно-исследовательский институт золота и редких металлов (ВНИИ-1). За неполные десять лет директорской дея-



тельности ВНИИ-1 из научно-исследовательской лаборатории был преобразован в крупное отраслевое научное учреждение, способное решать не только проблемы геологии и металлогении, но и широкий разносторонний круг вопросов горного дела, мерзловедения, обогащения минерального сырья, что серьезно повлияло на развитие производительных сил Магаданской области.

В эти годы под руководством Николая Алексеевича проводились исследования связанные с геологией редкометалльных и золоторудных месторождений, всесторонним изучением россыпной золотоносности и минерального состава руд, обобщением геологоразведочных данных, созданием методик и технических средств для совершенствования разведки и технологии разработки месторождений.

В 1953 г. Н.А.Шило успешно защитил кандидатскую диссертацию, в которой были обобщены материалы по россыпной золотоносности Северо-Востока СССР и определены основные задачи дальнейших исследований экзогенной золотоносности. Наиболее полно и с присущей Николаю Алексеевичу целенаправленностью и профессионализмом эти задачи были решены в последующей его научной деятельности. Достаточно отметить только некоторые работы Н.А.Шило, опубликованные в Трудах ВНИИ-1 и связанные с концептуальными вопросами геологии россыпей: о формах переноса золота в зонах вечной мерзлоты (1955), принципах классификации россыпных проявлений (1958), влиянии древних оледенений на россыпную золотоносность Яно-Колымского пояса (1959), геологическом строении и коренных источниках россыпей Яно-Колымского пояса (1960).

Начиная с 1960 г. в жизни Николая Алексеевича наступает особый период, когда с особой яркостью проявился талант ученого и организатора. Он создает на Северо-Востоке академическую науку. В 1960 г. в г. Магадан Н.А.Шило с ближайшими соратниками организует Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт (СВКНИИ ДВО АН СССР). В числе важнейших задач института со дня его основания — это изучение природных ресурсов Северо-Востока СССР, а также решение разнообразных проблемных вопросов в области наук о Земле. В целом они были объединены и успешно реализовывались в фундаментальной проблеме «Геология и генезис минерально-сырьевых ресурсов Северо-Востока СССР». При этом главное внимание обращалось на проблемы геологии золота — россыпного и рудного. В целях научного обоснования развития производительных сил региона в институте большое внимание уделялось решению задач экономического развития Северо-Востока СССР. В воспитании творческих кадров института в полной мере проявились личностные человеческие качества и мудрость Н.А.Шило как организатора научного высокопрофессионального коллектива. Одновременно с ростом творческого потенциала создаваемого коллектива, в самые напряженные годы его организации и становления Николай Алексеевич в 1962 г. блестяще защитил докторскую диссертацию. В 1964 г. Он был избран членом-корреспондентом, а в 1970 г. — действительным членом АН СССР.

За свою многолетнюю творческую деятельность Н.А.Шило опубликовал более 700 научных работ, в т.ч. 17 монографий, большая часть которых посвящена проблемам геологии рудных и россыпных месторождений. Особенно существенен его вклад в развитие учения о россыпях, ставшее важным звеном в системе наук о Земле. Он является признанным лидером отечественной научной школы геологии россыпей.

Многоплановые исследования позволили Н.А.Шило разработать систематику россыпеобразующих минералов на основе константы гипергенной устойчивости, позволяющей подойти к количественной оценке их миграционной способности. Им введено понятие о россыпеобразующих рудных формациях и разработана их типизация. В качестве важнейшего регионального фактора россыпеобразования определена роль тектоно-геоморфологической эволюции территорий, рассмотрены причины образования протяженных и уникальных по запасам россыпных месторождений, выделен самостоятельный тип россыпеобразования в специфических условиях перигляциального литогенеза, определена степень влияния оледенений на формирование и сохранность россыпей. Для решения практических задач нельзя не отметить работы Н.А. Шило по проблемам рудноформационного анализа как научной основы в поисковых и геологоразведочных целях. Он был главным инициатором в организации геологического изучения и

определения перспектив на золото- и сереброносность Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, что было реализовано в сжатые сроки и увенчалось открытием уникального месторождения Дукат и ряда крупных золоторудных объектов.

В 1970 г. за выдающийся личный вклад в фундаментальную науку Н.А.Шило был избран действительным членом АН СССР. С 1971 по 1977 гг. он был заместителем председателя президиума Дальневосточного научного центра (ДВНЦ) АН СССР, а с 1977 по 1985 гг. возглавлял Президиум ДВНЦ АН СССР.

За огромный вклад в освоение природных ресурсов Северо-Востока и большую научно-организационную работу в 1973 г. Николаю Алексеевичу присвоено звание Герой Социалистического Труда, он награжден тремя орденами Ленина, двумя Трудового Красного Знамени, орденами Октябрьской Революции и Знак Почета, а также многими медалями.

Только в одном Северо-Восточном регионе десятки его учеников стали кандидатами и докторами наук. Его воспитанники плодотворно трудятся в научно-исследовательских и производственных организациях Северо-Востока, Сибири, Дальнего Востока и Урала, центральных районов России, городов Москва и Санкт-Петербург, в странах ближнего зарубежья. На трудах Н.А.Шило воспитаны сотни специалистов, достойно развивающих и внедряющих в практику фундаментальные идеи, заложенные в его работах. Ярким примером подобного являются открытия и освоения последних десятилетий ряда крупнейших по запасам россыпных месторождений платины, золота, редких металлов, олова.

В настоящее время Николай Алексеевич — советник Президиума РАН, Почетный директор СВКНИИ ДВО РАН, Почетный член многих академий, Почетный гражданин городов Магадан (Россия) и Виннипег (Канада). Сирийские геологи именем Н.А.Шило назвали осадочную формацию, с которой связаны продуктивные нефтеносные толщи. Н.А.Шило — активный участник почти всех форумов, посвященных геологии россыпей, геологии Востока России, Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана, различных всероссийских и международных совещаний, конференций и симпозиумов.

И сейчас Николай Алексеевич полон творческих замыслов и научных идей. В 2007 г. Была опубликована его работа по проблемам генезиса золотоносных конгломератов месторождения Витватерсранд, вышел в свет трехтомник «Записки геолога».

Коллеги, друзья и многочисленные ученики горячо и сердечно поздравляют Николая Алексеевича Шило со славным юбилеем, желают крепкого здоровья и новых творческих успехов.

*Коллегия МПР РФ
Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

ПОЭЗИИ НЕГРОМКИЕ СЛОВА

Екатерина Радкевич (ДВГИ РАН)

Приморье

К югу, к теплу убежало Приморье —
Зеленые сопки и синее море...
Травы морские море полощет,
Выше на сопках дубовые рощи,
Рощи дубов малорослых, корявых
С кроной распластанной низкой кудрявой.
Дальше от моря пройти нам еще бы —
И попадем мы в лесные чащобы.
Здесь уже ильмы стоят великаны —
Тянутся к небу в дымке тумана.
Ствол их высокий и беловатый
Словно окутан прозрачною ватой.
Виснут, как плети, тугие лианы,
Эти лианы — для нас как арканы:
Спутают ноги, пройти не дадут —
Без топора не пролезешь ты тут.
Ярки контрасты света и тени
В этом неистовом буйстве растений.
Душно. Пьянят ароматы сирени,
Голову кружат тайги испаренья.
Трудно пробиться сквозь чашу без тропки
В наших лесистых приморских субтропиках

Эстафета

Уже земля не рвется из под ног,
Сковала ноги путами усталость.
Прошла пора нехоженных дорог
Явилась на пороге старость
И говорит: «Был долог путь
От неурядиц жизни ты устала.
А не пора ль, трудяга, отдохнуть
И для тебя пора конца настала.
Ты тщила много сказать и написать
И много разных песен спела,
Но стоит ли терзаться и не спать
Из-за того, что сделать не успела...»
Не стала резко старости перечить,
Хоть больно слушать мне такие речи,
А только тихо попросила -
Повремени, пока есть силы.
Звучат теперь иные песни,
Они во многом интересней,
Но я хочу, чтоб не забыли
Тех песен, что когда-то были.
Была мала, но песню эту
Я приняла, как эстафету,
Чтобы по жизни пронести
С собою до конца пути.

Шумы же, молодость — я рада,
Твои успехи мне награда.
Пусть бьется вечной жизни жила —
В нее я и себя вложила.

*Радкевич Е.А. Стихи разных лет. — Владивосток, 1978
(Библиотека ДВГИ СО РАН).*

Марина Фаворская (ИГЕМ РАН)

За счастьем

Река, как звонкое запястье,
Несет свой первый тонкий гнет.
Есть неиспытанное счастье
В том, чтоб ступить на хрупкий лед.

Пусть он стремится, невесомый,
Бездонный омут показать,
Но трещин звонкие изломы
Как звезды радуют глаза.

Как белый конь в хрустальной сбруе
Вся в легком золоте оков,
Река идет вперед, бушуя,
Под хруст и шорох ломких льдов.

И разве есть удел прекрасней,
Чем в свете солнечного дня
Уйти к несбыточному счастью
За гривой белого коня.

И пусть потом поземка пляшет,
Стараясь замести следы,
Ведь тихий берег также страшен,
Как ледяная зыбь воды.

1945

Проходит жизнь

Проходит жизнь, в шагах ее угроза.
Как задержать ее упрямый ход,
Как упросить? Какие нужны слезы,
Чтобы вернуть один мелькнувший год?

Ты, призрак жизни, прожитой безвестно,
Пустой и леденящий в сердце кровь,
Войди сюда! Отчаянью нет места,
Я падала, но поднималась вновь

Часы труда и испытанья силы,
Часы надежд, сомнений и борьбы
Они мои, все это в жизни было,
Я их завоевала у судьбы.

Бессонной ночью в памяти восстанут
Лесная глушь, туман на ледниках,
Костры в горах, просторы океана,
И жизнь как камень сжатая в руках

И возвращаясь мыслями несмело,
Я задаю себе один вопрос:
Все было так, как я того хотела,
Так что же в этой жизни не сбылось?

1950

Фаворская М.А. Стихотворения. 1997 (Библиотека ИГЕМ РАН).

Лидия Николаева (ЦНИГРИ)

Суздаль

Лунной нежностью осиянная
Храмов строгая белизна,
И идет, красотою пьяная,
По вишневым садам весна...

Колокольни беззвучно молятся.
Устремляя вверх купола,
Будто просят умолкшим звонницам
Возвратить их колокола...

Древний город спит, заколдованный,
Соловьи ведут переключик,
И бредем по нему, готовые,
Мы постигнуть вечности миг....

Проводы

Ну где еще такая есть дорога,
Чтоб со звоном на станции услышать:
«Механик, осторожней, пьяных много,
Давай-ка нынче отъезжай потише»!

Старатель в красном кушаке и шкерах
Льет мимо рта и матерится сонно,
И бабоньки, хлебнувшие сверх меры,
Рыдая, пляшут около вагона.

С земли холодной, что за четверть века
Родною и желанной им не стала,
Потомки раскулаченных и зеков
В жилуху едут начинать сначала.

Топочут землю пыльные ботинки,
Рвут горло в песне, голос не жалея:
Эх, отшумели воды Бодайбинки...
Слышь, машинист, ты отъезжай скорее...

Лирика. —М.: ЦНИГРИ, 1993.

Любовь Уракова (Хасынская ГРЭ, Магаданская обл.)

Весна

От оков серебристых
И клыкастой пурги,
Улыбаясь лучисто,
Убежали ручьи.
И глядит удивленно
Прям, как пламя свечи,
Стланик в платье зеленом,
Что из майской парчи.
А у вербы-кокетки,
Как ладонь на свету —
Красноватые ветки
В серьгах, словно в снегу....

...И походною робой
Полон зев рюкзака.
Скоро снова в дорогу,
В сказку звезд и костра.

1969

Обрызгал горы марганец заката,
И резче стали контуры вдали.
По тундре разбежались, как цыплята,
Морошки спелой желтые костры.

Взошла луна, румяная, как булка,
Одной щекой приплюснута к горам,
И смотрит, как в речные закоулки
На белых лапах крадется туман.

Иду к реке. Сажусь на плот убогий,
Вода качает первую звезду...
Благословенна будет та дорога,
Что привела меня на Колыму.

Молоток-7. —Магадан: СВКНИИ, 1998.

**Валентина Макрыгина
(Институт геохимии СО РАН)**

Ольхон. Пологий маломорский берег
С причудливыми соснами на дюнах.
На чабреце настоян вольный ветер,
Поет о чем-то на ковыльных струнах.
Глядятся в воду мраморные скалы,
Оранжевым лишайником покрыты,
Ютятся в падах утлые кошары,
Бурханами и властью позабыты.

Другой же берег вздыбился щетиной
Лесных хребтов и острозубых скал,
Чьи дикие и гордые теснины
Отвесно обрываются в Байкал.

А он шумит, их непрестанно гложет,
Пещеры выбивая тут и там,
Как будто бы тоскует, что не может
Пробиться к маломорским берегам.

1986

Редкий миг: над Ольхоном легла тишина,
Все уснуло — и ветер, и люди, и птицы.
И Байкал задремал, не плеснется о берег волна.
Для кого ж звездный купол над степью
алмазно искрится?

Может быть, для моей, одинокой и ждущей души,
Лепестки раскрывающей к этому звездному свету,
Иль ее половинки, что тоже уснуть не спешит
Где-то близко в ночи иль совсем в другом
крае планеты.

1987

Антология геологической поэзии Сибири. —Иркутск:
ГеоНГУ, 2004.

Федор Кренделев (ОИГиГ СО РАН)

Гаснет зорька за хребтами дальними

Гаснет зорька за хребтами дальними,
Тихий сумрак бродит у костра.
Сон витает над мешками спальными,
Только мне не спится до утра.
Твой костер закрыт горами синими,
Но любовь твоя зовет к себе.
Журавли летят и вместе с ними я

Шлю привет, любимый друг, тебе.

Улетают с криком птицы вещие;
Нас зовут они домой и в путь.
Расстаемся — плачут воды вешние,
А при встрече песнь снега поют.

Ты в любви совсем не избалована,
Я к тебе бывал порою груб.
Вспоминаю, ветром исцелованный,
Теплоту твоих шершавых губ.

В день, когда придут метели снежные,
Мы при встрече все пойдем без слов.
Ведь не вянут в сердце чувства нежные,
Как охапка полевых цветов.

Ревет в овраге дождь прошедший,
Рокочат глухо валуны...
Так плачут вдовы безутешные
В день окончания войны.

Кругом весна, сады, цветенье,
Сил набирается трава.
Поет народ, но в этом пенье
Надрывно слезы льет вдова.

Поет со всеми: в горле комом
Встает рыданье грозных лет.
И даже в песни, всем знакомые,
Война, ты врезала свой след.

Кренделев Ф.П. Стихотворения и поэмы. —Новосибирск,
1992.

Лев Фирсов (ВНИИ-1)

За желтым дьяволом

Мачты лиственниц — вдоль по увалу,
В поймах рек — тополевы свечи.
День за днем, от привала к привалу
Лямки давят гудящие плечи.

Непрерывь комариного зуда,
В кровь расчесана шея от яда,
Но шагаешь, как робот, покуда
Не иссякнут амперы заряда.

Эй, романтики дальних скитаний!
Как вам нравится эта работа?
Допоздна от предутренней рани —
По тайге, по горам, по болотам.

Молотком сокрушая породу,
Тишь кромсая бруском аммонала,
Проклинаешь себя и природу,
И ничтожные блестяшки металла.

На коленях у речки, в поклоне
Смоешь груды песка через силу,
Вот тогда засияет в ладони
Желтый дьявол, подобно светилу.

У костра под развезданным небом
В самом центре безлюдного края
Пробавляешься каменным хлебом,
Котелком голубичного чая.

А наутро... опять вдоль увала,
Где кедровый кудрявится стланик,
Начинаешь тропить все сначала,
Будто ты — очарованный странник.

Три трети

Шагала маршевая рота
В метельной мгле за перевал
Под зорким дулом пулемета,
Глодала всех одна забота:
Когда конец, когда привал?

Отбой сыграла первой трети
В пути свистящая пурга:
Каюк тому, чье тело ветер
Сквозь ватник жжет морозной плетью,
Ища заклётого врага.

За зерна желтого металла
Кому-то надо умереть;
Породу крепь не удержала,
Под гул рудничного обвала
Легла костью другая треть.

Последней трети срок скостила
Безмилосердная карга:
Пластом на нары уложила,
Изъяла зубы, съела силы —
Скорбут — полярная цинга.

Они не враз, не под крестами,
А в общих ямах, в тесноте,
Лежат, как шли, под номерами,
Друг друга будто греют сами
В колымской вечной мерзлоте.

Юрий Богданов (ВСЕГЕИ)

Белые ночи

Прощайте, белые ночи,
Нева, на меня не сердись,
Хоть и люблю тебя очень,
Но такова наша жизнь.

Укутанный белою ночью
Спит под крылом город мой.
Легко убедиться воочию —
Он убаюкан тобой.

Как в сказке, искришься огнями.
Смотрят в небо мосты.
Плывут корабли с парусами
Тревожно зовущей мечты.

Стремлюсь всей душою,
Всем телом,
Тянусь всем своим существом
К тебе, исчезающей в белом,
Бегущей во всем голубом.

Прощайте, белые ночи,
Нева, на меня не сердись,
Хоть и люблю тебя очень,
Но такова наша жизнь.

Хозяйке медных гор

Поклон, принцесса Удокана,
Привет, хозяйка медных гор!
Тобой — под бубенцы шамана —
Я околдован с давних пор.

Поклон глубокий, низкий, в пояс,
Твоим вершинным ледникам.
Привет от сердца в полный голос
Твоим долинным родникам.

Пусть время в памяти стирает
Дела давно минувших дней —
Здесь каждый шаг напоминает
О бравой юности друзей.

1979

**Иосиф Тибиллов (Чаунская ГРЭ,
Чукотский АО)**

Петрографическая печально-величальная

Омыв слезою окуляры,
Я наблюдаю в микроскоп —
Не петрографию — кошмары,
Век не видать Вам
их бы
чтоб!
Зачем меня Вы научили
Не путать кварц и калишпат?
Мои нерусские бациллы
Могли бы торговать шпинат,
Жить у евреев в Израиле,
Но заставляет знаний яд,
Что Вы успешно в нас внедрили,
Пахать смиренно за оклад.
Что мне мешает стать буржуем —
Из мелких, что страны оплот?
А вместо этого сию я
И плачу, глядя в микроскоп.
Печальна жизнь у индивида,
Который что-то познает, —
Он вымирающего вида
Вялотекущий идиот.
Но времени сквозь бег незримый
Я вижу, не впадая в транс,
Как скоро и неумолимо
Грядет он —
ПЕТРОРЕНЕССАНС!

2001

*Иосиф Тибиллов. Благословенные времена презренного
застоя. — С-Пб.: Дума, 2004.*

Лев Кичигин (Аллах-Юньская ГРЭ, Якутия)

Геологам Селигдара

Презрев цивилизацию,
Мы по Земле идем,
На солнце днями жаримся
И мокнем под дождем.
Мы терпим все лишения,
Но верую живем,
Что где-нибудь, когда-нибудь
И что-нибудь найдем!
Звенят, как струны, жилы
Под тяжким рюкзаком,
Но мы пока что живы —
Спасибо и на том.
Вода в болоте чавкает,
Рой комаров гудит,
Мы здесь, я сердцем чувствую,

Найдем... радикулит.
Шашлык или мацони
Неплохо б на обед,
Но в нашем рационе
Деликатесов нет.
И супчик из пакетика
Кипит, кипит, кипит...
Мы здесь, я сердцем чувствую,
Найдем себе... гастрит.
Презрев цивилизацию,
Мы по Земле идем,
На солнце днями жаримся
И мокнем под дождем.
И все терпя лишения,
Лишь верую живем,
Что мы месторождение
Когда-нибудь найдем

1982

Сбросим тяжесть забот,
Бросим жизни штурвал,
И разгладим на лицах морщины,
Где к весне поворот,
Нужно сделать привал,
И расправить усталые спины
За семейным столом
Или в дальних краях,
Где палатки в местах необжитых.
Мы бокалы нальем, мы бокалы сомкнем,
Выпьем разом бодрящий напиток.
Выпьем раз и не раз,
Сколько хватит вина
Или крепости духа и тела,
Выпьем кто как горазд:
Пригубив иль до дна,
Кто шутя, кто с сознанием дела,
Тост за тех на земле,
Кто в тайге, кто в горах,
Кто в болотах, а может в пустыне,
Пробирался во мгле,
Замерзая в снегах,
И нигде не приходит в унынье!
Тост за всех, кто дошел,
в тех местах побывал,
Что на карте себе обозначил.
И за тех, кто мечтал, кто горел,
кто искал,
Но кому не светила удача.

*Антология геологической поэзии Сибири. — Иркутск:
ГеоНГУ, 2004.*

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Требования к статьям, представляемым в редакцию журнала «Отечественная геология»

При оформлении статей необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Рукопись представляется с установленными сопровождающими документами руководством организации или лично автором (авторами).

2. Статья подписывается автором (авторами), в конце ее необходимо написать фамилию, имя и отчество автора полностью, место работы, занимаемую должность, ученую степень, адрес и телефоны (домашний и служебный).

3. Объем статьи не должен превышать 15 страниц, включая таблицы и список литературы. Оставляются поля: сверху (2 см), снизу (2 см), справа (1 см) и слева (3 см). Все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляются два экземпляра статьи — распечатка с принтера, а также текст на дискете в Text format (*.rtf), (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman Cyr. (размер 12, полуторный межстрочный интервал). В отдельные файлы помещаются статья, таблицы. По окончании работ дискеты по желанию автора возвращаются. Возможна передача статей по электронной почте: tsnigri@pol.ru, tsnigri@tsnigri.ru.

4. Точность приведенных цитат должна быть заверена подписью автора на полях рукописи, обязательно указывается источник по списку литературы.

5. Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 2.0.

6. Список литературы дается сквозной нумерацией в алфавитном порядке. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник из списка литературы приводятся соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не следует включать неопубликованные работы.

7. Рисунки и другие графические материалы (не более 4) прилагаются к статье в двух экземплярах в отдельном конверте. На обратной стороне каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала. Рисунки принимаются в виде фотокопии (на глянцевой бумаге), на дискетах с распечаткой на бумаге. Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются курсивным шрифтом. Текстовые и цифровые надписи на рисунках набираются на компьютере. Размер букв и цифр должен быть не менее 2 мм, толщина линий рисунка — не менее 0,2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: TIFF bitmap — только для фото (*.tif), Encapsulated Post Script (*.eps), Corel Draw (*.cdr, не выше 12 версии), Диаграмма Microsoft Excel (*.xls). Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.

8. Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице (текстовый файл, после списка литературы). Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

С целью облегчения редактирования статей редколлегия просит авторов использовать термины и понятия в значениях, отраженных в следующих изданиях:

1. Толковый словарь английских геологических терминов. Перевод с английского / Под ред. Н.В.Межеловского. —М.: Геокарт, 2002.

2. Российский металлогенический словарь / Под ред. А.И.Кривцова. —С-Пб.: изд-во ВСЕГЕИ, 2003.

3. Термины и понятия, используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях. —С-Пб., 1991.

Новая книга

Ураново-редкометалльные месторождения Мангышлака и Калмыкии, их генезис. А.А.Шарков — М.: Эслан, 2008. С.220. Табл. 32. Ил. 50. Список лит. — 94 назв.

Книга посвящена характеристике уникальных по своей природе органогенно-фосфатных месторождений урана и редких земель, представленных грандиозными скоплениями ископаемых ураноносных остатков ихтиофауны. Этот геологический феномен известен только в одной формации Земли — майкопской олигоцен—ранний миоцен.

В книге подробно освещен широкий круг вопросов, включая историю открытия, изучения и освоения промышленных месторождений Мангышлака и многочисленных рудных залежей Ергенинского района Калмыкии, условия их формирования, закономерности локализации оруденения.

Значительный объем книги занимает подробное описание строения и состава ураноносных отложений верхнего олигоцена и заключенных в них рудных залежей Прикаспийской провинции. Большое внимание обращено на механизм образования огромных скоплений остатков ихтиофауны, приуроченных к тектоническим сводовым поднятиям.

В течение нескольких десятилетий XX в. Органогенно-фосфатные месторождения урана и редких земель относились к сингенетически-осадочному типу оруденения. В настоящее время установлено, что их формирование было обусловлено подводной вулканической деятельностью, проявившейся в позднеолигоценовый период, в пределах п-ва Мангышлак и Ергенинской возвышенности Калмыкии, в процессе формирования ураноносных отложений.

Настоящая монография — первая обобщающая работа за истекшие 50 лет исследований этих экзотических природных образований, в которой автор стремится восполнить существующий пробел в проблеме генезиса ураново-редкометалльных месторождений органогенно-фосфатного типа.

Впервые в ней рассмотрены различные аспекты проблемы генезиса стратиформных ураноносных залежей, представляющих в целом единственную в истории Земли своеобразную эпоху вулканогенно-осадочного ураново-редкометалльного рудообразования.

На основе глубокого анализа конкретных данных разработана генетическая модель формирования таких весьма необычных природных образований.

Фактические материалы, обобщенные в данной книге, представляют научный и практический интерес для дальнейшего развития теории вулканогенно-осадочного рудогенеза и прогнозирования промышленных месторождений урана и редких земель органогенно-фосфатного типа на Северном Кавказе и в Предкавказье.

Книга рекомендуется работникам геологоразведочных предприятий, научным сотрудникам, а также аспирантам и студентам вузов, специализирующимся на геологии, поисках и разведке ураново-редкометалльных месторождений.

Контактный телефон: 137-29-09

Готовится к печати

А.И.Кривцов. Минерально-сырьевая база в начале XXI века — мир и Россия. Избранные труды 2000—2007 гг. Редактор И.Ф.Мигачев. — М.: ЦНИГРИ, 2008.

Сборник объединяет 15 работ, отражающих основные результаты исследований за 2000—2007 гг. по направлениям «прикладная металлогения, прогноз и поиски рудных месторождений» и «минерально-сырьевое обеспечение экономического развития». Рассмотрены вопросы развития прикладной металлогении, источников рудного вещества, рудоносности вулканоплутонических поясов, стадийности геологоразведочных работ, ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых, моделей месторождений. Даны оценки глобальной минерально-сырьевой обеспеченности и воспроизводства запасов твердых полезных ископаемых, сбалансированного развития экономики России, пути эффективного использования минеральных ресурсов. Представлены ретроспектива и прогноз мировой минерально-сырьевой базы и минерально-сырьевого обеспечения валового внутреннего продукта. Обсуждены проблемы национальной минерально-сырьевой безопасности, обозначены геоэкологические проблемы.

Издание, отличается оригинальным методологическим и методическим содержанием, ориентировано на специалистов, занятых в сфере рудной геологии и воспроизводства отечественной минерально-сырьевой базы.

Контактный телефон: 315-43-47