

ISSN 0038-5069

Советская геология



**110 лет
ГЕОЛКОМУ -
ВСЕГЕИ**

2/1992

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.П. КАРПИНСКОГО (ВСЕГЕИ)

ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Институт берет начало от первого государственного геологического учреждения России – Геологического комитета (Геолкома), созданного в Петербурге 31 января 1882 г. в целях систематического изучения геологического строения и составления геологической карты России, а также решения практических задач по оценке перспективности территорий на различные полезные ископаемые.

Деятельность ВСЕГЕИ сосредоточена на проведении единой научно-технической политики по двум приоритетным направлениям научно-технического прогресса в отрасли:

комплексное региональное изучение территории страны, создание государственных геологических карт масштаба 1:50000, 1:200000, 1:1000000, обеспечивающих потребности геологической службы и других отраслей народного хозяйства;

комплексные прогнозно-металлогенические исследования территории для расширения минерально-сырьевой базы и выявления новых направлений ее развития.

Высокоэффективной на современном уровне реализации основных направлений способствуют разработки компьютерного (математического) и информационного обеспечения региональных геологических, картографических и прогнозно-металлогенических исследований.

В успешном решении народнохозяйственных задач исключительная роль принадлежит научным школам Геолкома – ВСЕГЕИ: регионально-геологической, геолого-картографической, палеонтолого-стратиграфической, петрологической, гидрогеологической, четвертичной геологии и геомор-



фологии, геологии месторождений угля, металлогенической, геохимической и др., многие из которых получили мировое признание.

В современных условиях ВСЕГЕИ считает главной задачей максимальное использование имеющегося научного потенциала для обеспечения научно-технического прогресса в решении фундаментальных проблем геологической науки, дальнейшего укрепления минерально-сырьевой базы.

Высококвалифицированные специалисты института на договорных условиях с применением новейших методик, технологий и концепций выполняют научные исследования, оказывают консультационные, методические и экспертные услуги по широкому кругу фундаментальных проблем и практических задач геологии.

Заслуженный авторитет ВСЕГЕИ в нашей стране и за рубежом – залог выполнения институтом договорных (контрактных) обязательств с высоким качеством и в согласованные сроки!



Наш адрес: 199026, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 74.

Телефон 213-57-38, телетайп 321008 ВСЕГЕИ, телефакс (812) 213-57-38

Советская геология

Ежемесячный научный журнал

2/1992

Основан в марте 1933 года

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А. И. КРИВЦОВ

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



МОСКВА «НЕДРА»

Содержание

Шеглов А. Д. Научные школы ВСЕГЕИ	3	Геологические исследования дна внутренних морей и крупных озер	73
РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА		ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ	
Красный Л. И. Проблемы тектонической систематики — новый взгляд	13	Михайлов Н. П. О Петрографическом кодексе	82
Соловьев В. В. Строение литосферы и мантии по структур- но-геометрическим данным	27	Масайтис В. Л., Жданов В. В., Моска- лева В. Н. Возможен ли прогресс в регионально-пет- рологических исследованиях	86
Абрамович И. И. Проблемы сравнительной субдуктологии ...	34	Предтеченский Н. Н. Методика составления литолого-стратигра- фических схем платформенных областей ...	91
МЕТАЛЛОГЕНИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ		СТРАТИГРАФИЯ	
Шеглов А. Д., Терентьев В. М., Мар- ков К. А. Проблемы и концепция прогнозно-металло- генических исследований	41	Олейников А. Н. Стратиграфия и геохронология	101
Плющев Е. В. Крупномасштабный комплексный прогнозно- металлогенический анализ — направле- ния исследований	50	Беккер Ю. Р. Особенности стратиграфии докембрия — реальные и мнимые	106
Кореневский С. М. Минералогия калиеносных формаций . . .	56	ГИДРОГЕОЛОГИЯ	
Волкова И. Б. Рассеянное органическое вещество черно- сланцевых толщ и их металлоносность	62	Басков Е. А., Зайцев И. К., Суриков С. Н. Зональность и основные генетические ти- пы подземных вод земной коры	113
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА И ГЕОКАРТОГРА- ФИРОВАНИЕ		МЕТОДОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
Бурдэ А. И., Путинцев В. К., Стрельни- ков С. И. Геологосъемочные работы — 90-е годы и перспектива	67	Груза В. В., Жуков Р. А., Межелов- ский Н. В., Москаленко З. Д. Основные принципы создания компьютери- зированной службы региональной геологии и металлогении	121
Спиридонов М. А., Рыбалко А. Е., Ма- нуйлов С. Ф.		РЕЦЕНЗИИ	
		Иванова А. А. Лидер науки	129
		70-летие Александра Ивановича Жамойды	130

Художественный редактор А. А. Хромова
Технический редактор С. Г. Веселкина
Корректор И. Н. Таранева

Сдано в набор 23.12.91. Подписано в печать 23.01.92. Формат 70×108^{1/16}. Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,5. Усл. кр.-отт. 12,25. Уч.-изд. л. 13,30. Тираж 2140 экз. Заказ 997.

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

© Издательство «Недра», «Советская геология», 1992

Этот номер журнала подготовлен к 110-летию основания Геолкома — первого геологического учреждения России. Он посвящен некоторым итогам работы Всесоюзного ордена Ленина научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского — ВСЕГЕИ — преемника Геолкома.

© А. Д. Щеглов, 1992

Научные школы ВСЕГЕИ

А. Д. ЩЕГЛОВ



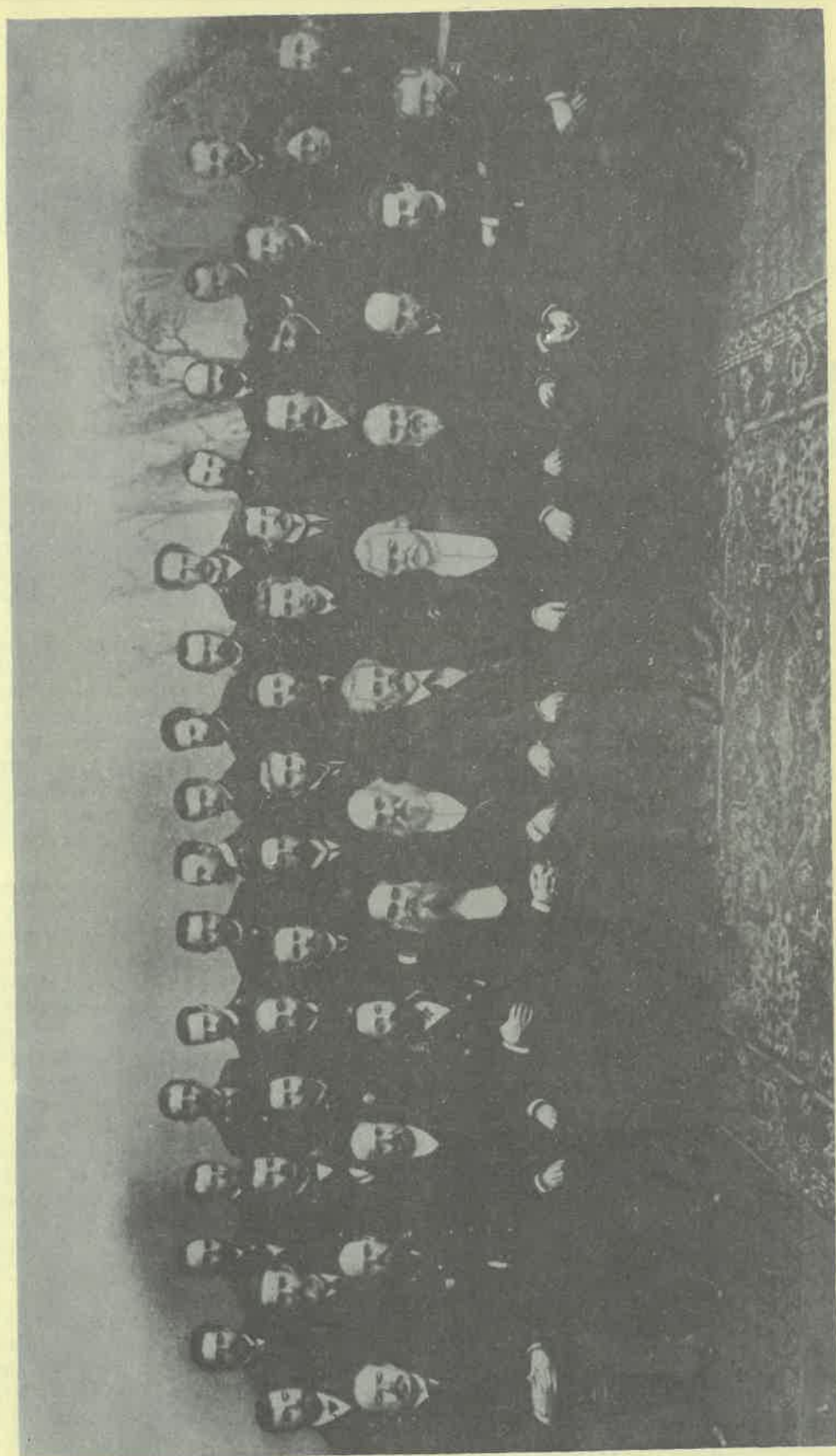
Геологической службе страны исполнилось 110 лет. 31 января 1882 г. император России Александр III короткой, но четкой резолюцией «Быть по сему» решил ее судьбу: по представлению Государственного совета он утвердил положение и штаты Геологического Комитета — первого геологического учреждения России. В «Положении о Геологическом комитете» были кратко сформулированы его основные задачи: «... Геологическому комитету поручаются: 1 — систематическое исследование геологического строения России; 2 — разработка относящихся до сего предмета сведений и издание научных по оному сочинений; 3 — составление и издание подробной геологической карты государства; 4 — собирание горных пород и полезных ископаемых и составление из них соответствующих коллекций; 5 — содействие другим ведомствам и частным лицам по предметам занятий комитета».

Общеизвестно, что преемником Геолкома является Всесоюзный ордена Ленина научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского [1, 3—5]. Поэтому и ВСЕГЕИ отмечает в 1992 г. свое 110-летие. И хотя это не официальная юбилейная дата, хотя жизнь в родном Отечестве — тревожная и без реальных светлых перспектив на скорое улучшение и относительную стабильность — не располагает к торжественным церемониям, сама по себе цифра — 110 лет — требует подведения итогов работы института. В особенности это необходимо сейчас, когда пересматриваются,

казалось бы, устоявшиеся ценности, когда прошедшим событиям и делам дается новая оценка. Именно поэтому целесообразно с критических позиций сегодняшнего дня попытаться еще раз осмыслить большой и сложный путь Геолкома — ВСЕГЕИ и тот действительно большой вклад в геологическую науку, который внесли сотрудники института в развитие фундаментальных и прикладных геологических исследований.

Поскольку в связи с широко отмеченным в 1982 г. столетием ВСЕГЕИ и геологической службы страны было много публикаций, всесторонне рассмотревших деятельность Геолкома — ВСЕГЕИ, подведем некоторые итоги деятельности ВСЕГЕИ за последнее десятилетие, осветив ее через призму работы научных школ института. Но сначала все же немного истории.

В ранние периоды деятельности Геолкома его возглавляли крупнейшие представители отечественной геологической науки, заложившие научные и организационные основы геологической службы страны и начавшие систематическую геологическую съемку, поиски и разведку полезных ископаемых в различных регионах, в первую очередь на Урале, Донбассе, Кавказе, Сибири и Дальнем Востоке; в сжатые сроки были выполнены крупные геологические исследования вдоль строящейся Сибирской железнодорожной магистрали. Среди них Г. П. Гельмерсен, И. В. Мушкетов, В. Г. Ерофеев, Ф. Н. Чернышев, К. И. Богданович и др. Особое место в развитии исследований Геолкома и создании научных школ принадлежит академику Александру Петровичу Карпинскому, имя которого носит институт. Будущий президент Академии Наук СССР был директором Геолкома с 1885 по



1903 г., а с 1903 по 1929 г. состоял почетным директором и активно участвовал в его работе.

Постановлением Совета Народных Комиссаров от 18 июля 1923 г. на Геолком была возложена ответственность за организацию и осуществление всех геологических и геологоразведочных работ в стране. В то время в Геолкоме работали А. Д. Архангельский, А. А. Борисяк, А. П. Герасимов, А. Н. Заварицкий, П. И. Степанов, Н. Н. Яковлев, М. П. Русаков, К. Н. Паффенгольд, А. А. Чернов, С. С. Смирнов и другие известные геологи, сочетавшие научные исследования с решением прикладных вопросов как при составлении геологических карт, так и при организации поисковых и разведочных работ, приведших к открытию ряда крупных месторождений, провинций и бассейнов. В конце 1929 г. Геолком был реорганизован в Главное геологоразведочное управление при Президиуме ВСНХ СССР с переводом части работников в Москву, а научные отделы Комитета преобразованы в геологоразведочные институты, которые уже в 1931 г. были объединены в Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт.

В 1938 г. должность директора института была предложена крупному ученому, геологу широкого профиля М. А. Усову, который в 1920—1930 гг. был директором Сибирского отделения Геолкома. Это было бы удачное назначение, т. к. М. А. Усов, ученик В. А. Обручева и сам известный исследователь Сибири, очевидно, мог бы внести в деятельность коллектива новые веяния, новые научные мысли и идеи, в частности, о формационном анализе магматических пород, фазах и циклах тектогенеза, единстве многосторонних связей геологических процессов, которые он разрабатывал в Томске. Это назначение было бы очень важным для института в особенности в связи с тем, что с 1929 по 1938 гг.,

в институте сменилось восемь директоров, в основном бывших крупных партийных и административных работников. Однако М. А. Усов отказался от должности директора института. Биограф М. А. Усова В. А. Друянов [2] в архивах нашел интересные непростые размышления М. А. Усова, который писал, что при отказе от работы его ожидают «возможность политического осложнения и потеря престижа в Томске», а также «возможность срыва в Академии» (очевидно подразумеваются выборы в Академию Наук СССР, однако, М. А. Усов был выбран академиком в январе 1939 г., а в июле того же года он скончался). Среди основных причин, заставивших его отказаться от должности директора института, он называет отсутствие компетентности в деятельности института, плохое здоровье и неспособность к административной работе. (Заметки эти весьма характерны и отражают, с одной стороны, конечно, личную позицию их автора, а с другой, сложность новой работы и опасения не быть выбранным в Академию Наук при переходе на работу в отраслевую геологию — все, как в настоящее время: развитие идет по спирали).

В 1939 г. институт получил наименование Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт — ВСЕГЕИ. Деятельность института с 1929 г. подробно освещена в литературе [1, 3, 4, 5], где рассматриваются не только основные этапы работы коллектива, но и подробно характеризуются выполненные исследования и вклад отдельных ученых.

Напомним, что в 1971 г. Президиум Верховного Совета СССР за большие успехи в геологическом изучении территории страны, выявлении закономерностей размещения полезных ископаемых и повышении эффективности геологоразведочных работ наградил ВСЕГЕИ орденом Ленина.

Сегодня ВСЕГЕИ представляет со-

Геологический комитет 1907 г.:

Первый ряд, сидят (слева — направо): Н. А. Богословский, Н. К. Высоцкий, Н. А. Соколов, А. А. Краснопольский, С. Н. Никитин, Ф. Б. Шмидт, Ф. Н. Чернышев, А. П. Карпинский, И. Ф. Синцов, Н. Н. Яковлев, К. К. Фогт, К. И. Богданович; второй, стоят: Н. А. Родыгин, Д. Л. Иванов, В. И. Соколов, А. И. Хлапонин, Н. И. Каракаш, А. Н. Державин,

А. К. Мейстер, Л. А. Ячевский, Л. И. Лутугин, А. А. Борисяк, Н. Н. Тихонович, А. П. Герасимов, А. А. Снятков, П. И. Преображенский, А. В. Флерова, Н. Ф. Погребов; третий ряд, стоят: Д. В. Голубятников, А. В. Фаас, А. Н. Рябинин, М. М. Бронников, П. Б. Риппас, П. К. Яворовский, Э. Э. Анерт, С. И. Чарыотский, М. Д. Залесский, Я. В. Залесский, Я. В. Лангваген, В. В. Никитин, К. П. Калицкий, В. Н. Вебер, П. И. Степанов, Г. А. Стальнов.

бою большой научный коллектив, в составе которого трудятся члены Академии Наук РСФСР, 80 докторов и 350 кандидатов наук. Институт решает крупные научные и практические проблемы по следующим главным научным направлениям:

проведение комплексных региональных геологических (палеонтолого-стратиграфических, петрографических, геохимических, геофизических, тектонических, геоморфологических, геоэкологических и др.) исследований с целью познания геологического строения страны и прогноза размещения месторождений, а также создания научной основы для составления геологических карт разных масштабов и содержания; составление сводных геологических карт (разного содержания) территории всей страны и ее крупных регионов;

изучение региональных закономерностей размещения месторождений в пространстве и во времени в структурах земной коры континентов с составлением металлогенических и прогнозных карт разных масштабов территории страны и ее крупных регионов;

разработка и совершенствование комплекса методических вопросов, связанных с составлением геологических карт разного содержания и масштабов, методов региональных исследований и прогноза размещения месторождений, оценки прогнозных запасов; внедрение современных методов компьютеризации в практику геологических исследований.

В сущности перечисленные вопросы представляют собой триединую крупную задачу, неразрывно связанную с решением главной проблемы региональных исследований: совершенствование познания геологического строения страны как основы для выявления закономерностей размещения месторождений с целью оптимального выбора направлений поисковых работ. В этом главное значение прикладных решений всех исследований института.

Работы института по указанным научным направлениям проводятся достаточно эффективно, прежде всего потому, что в их основе лежит большой и ценный опыт научных школ, которые были созданы и продолжают развиваться во ВСЕГЕИ. В чем сущность этих научных школ и их направ-

лений? Вправе ли мы вообще говорить о научных школах ВСЕГЕИ и если да, то чем они характеризуются и каковы их достижения?

По-видимому, под научной школой следует понимать четко оформленное самостоятельное научное направление, развиваемое коллективом ученых-единомышленников, объединенных общностью концепций, принципов и методов исследований, которые постоянно совершенствуются и при этом сохраняют определенную преемственность. Научные школы могут формироваться вокруг отдельных ученых, а могут быть коллективными, возникающими как итог суммарных достижений группы ученых и их последователей. Для научных школ обязательны долговременность их существования и признание другими научными коллективами их крупного вклада в науку.

Если с такими общими критериями подходить к оценке научных школ, то во ВСЕГЕИ, наследующем традиции Геолкома, отчетливо выделяются три научные школы, признанные не только в нашей стране, но и за рубежом, которые успешно развиваются уже многие годы, внося крупный вклад в решение фундаментальных проблем геологической науки и практики: региональной геологии и геологической картографии; палеонтолого-стратиграфическая; металлогеническая. Данные школы сходны методами исследований, широким региональным подходом к решению научных проблем наряду с проведением детальных работ с целью получения нового фактического материала, являющегося основой широких обобщений.

Школа региональной геологии и геологической картографии зародилась с первых дней существования Геолкома и связана с задачами систематического регионального изучения территории нашей страны, что отражалось и отражается, прежде всего, в создании геологических карт различного научного содержания и создании монографических трудов, посвященных вопросам региональной геологии территории всей страны или ее отдельных регионов. У истоков этой научной школы стояли выдающиеся ученые России А. П. Карпинский, Ф. Н. Чернышев, И. В. Мушкетов, К. И. Богданович и др. Именно их трудами были заложены основы геологической картогра-

фии, получившие затем развитие благодаря исследованиям А. П. Герасимова, Д. В. Наливкина, С. А. Музылева, А. П. Марковского и др. Основные труды этой школы широко известны. К ним принадлежат все обзорные и мелкомасштабные геологические карты страны, в т. ч. «Геологическая карта СССР масштаба 1 : 2 500 000», выдержавшая ряд изданий и удостоенная Ленинской премии.

С именем ВСЕГЕИ связано создание школы отечественной геологической картографии как важнейшего направления геологических исследований. Не случайно, практически на всех Международных геологических конгрессах геологические карты различного содержания, в первую очередь составленные во ВСЕГЕИ, привлекают пристальное внимание зарубежных геологов.

Составление геологических карт в Геолкоме — ВСЕГЕИ всегда рассматривалось как самостоятельная научная работа, в основу которой положена обработка фактических данных по картам-первоисточникам более крупного масштаба по отношению к составляемой, глубокий комплексный анализ вопросов стратиграфии, магматизма и тектоники с проведением дополнительных исследований для разрешения неясных и спорных вопросов. Геологические карты во ВСЕГЕИ всегда составлялись по единым методическим указаниям и требованиям не только к их содержанию, но и их оформлению. Напомним, что 110 лет назад А. П. Карпинский выполнил первую унификацию графических обозначений в геологии, которая учитывалась при составлении международной карты Европы.

В последние годы во ВСЕГЕИ на основе современных достижений геологической картографии совместно с производственными организациями составляется и готовится к изданию Геологическая карта СССР масштаба 1 : 1 000 000 (Новая серия). Эта большая научная работа не только синтезирует итоги картосоставительских исследований более крупных масштабов, но, по существу, подводит итоги сегодняшним знаниям геологии территории страны и является характерным трудом, выполняемом в русле признанных традиций региональной геологической школы института.

Следует отметить, что геологические карты, составленные во ВСЕГЕИ, служат основой для выполнения сводных работ по геологическому строению территории страны и отдельных ее регионов, в т. ч. таких многотомных основополагающих изданий, как «Геологическое строение СССР» и «Геология СССР», подводящих итоги многолетних исследований крупных коллективов геологов. Кроме того, региональные геологические карты, их анализ позволяют поставить ряд важных вопросов перед теоретической геологией, например, значение в развитии ряда регионов разрывных нарушений, кольцевых структур, крупных надвигов, рифтогенных структур и т. д.

Региональные геологические исследования школы ВСЕГЕИ отличаются творческим подходом к изучению регионов, глубоким познанием специфических, провинциальных особенностей их геологического развития, что позволяет определить перспективы регионов в отношении выявления месторождений. Школа региональной геологии и геологической картографии ВСЕГЕИ продолжает развиваться и имеет последователей. Ее опыт и традиции передаются в новые научные коллективы. В особенности это относится к исследованиям в области региональной геологии, которые во все возрастающих объемах осуществляются крупными геологическими коллективами во многих институтах и производственных организациях страны.

В области геологической картографии работы института тесно связаны с деятельностью Картографической фабрики ВСЕГЕИ, которая является непревзойденным в стране коллективом по изданию геологических карт, мастерству графического и цветового отображения геологических обстановок. Это работа не имеет себе равных и являет особую страницу картографической геологической полиграфии.

Палеонтолого-стратиграфическая школа — особое направление деятельности института, особая школа ученых, исследующих биостратиграфию и древние организмы с целью совершенствования стратиграфической шкалы и повышения уровня картосоставительских и геологосъемочных работ. Такие исследования зародились еще в первые десятилетия работы экспедиций Геолкома, когда в ряде

регионов были собраны первые систематические коллекции древних ископаемых. Достаточно полно эта школа была охарактеризована ранее [3, 5]. К крупным исследованиям последних лет относятся, например, монография «Практическая палинostrатиграфия» (1990). Эта работа, по существу, подвела итог палинологическим исследованиям последних двадцати лет. Начато издание томов по практическому руководству по микрофауне СССР (отв. редактор акад. Б. С. Соколов).

В 1991 г. закончена разработка классификации ведущих групп микрофауны для решения задач зональной стратиграфии в связи с составлением государственных геологических карт масштаба 1 : 50 000. Уральским (май 1991) и Дальневосточным (Хабаровск, 1990) стратиграфическими совещаниями материалы по этим регионам приняты к использованию в легендах крупно- и среднемасштабных карт. Важная особенность исследований палеонтолого-стратиграфической школы ВСЕГЕИ — тесная взаимосвязь детальных палеонтологических и стратиграфических работ с их совместным выходом на решение прикладных задач.

Следует отметить интересные исследования отдельных видов ископаемой фауны. Как новые ставятся задачи изучения микрофоссилий в тонкозернистых кремнях из докембрийских карбонатных толщ, а также систематический сбор и обобщение всего мирового материала по ним с целью выяснения их биостратиграфического значения. Отдельные широко распространенные в докембрии роды и виды или их группы отмечаются на разных возрастных рубежах. Это дает реальную возможность использовать микрофоссилии в кремнях для определения относительного возраста вмещающих отложений и их корреляции в удаленных друг от друга районах. Хороший пример обобщения усилий многих коллективов в области стратиграфии, также отражающих одну из важных сторон исследований палеонтолого-стратиграфической школы ВСЕГЕИ, — составление стратиграфического кодекса. Сейчас передано в печать второе издание кодекса, широко обсужденного геологической общественностью. Это самостоятельное исследование, которое наряду с выделением новых

магнито-, сейсмо- и климатостратиграфических подразделений, рассматривает и важные теоретические вопросы современной стратиграфии.

Палеонтолого-стратиграфическая школа ВСЕГЕИ — единственная в стране. Она получила широкое признание во всем мире, о чем, в частности, свидетельствуют перевод многих публикаций института на иностранные языки и «поток» зарубежных специалистов в отдел стратиграфии и палеонтологии института для ознакомления с его деятельностью. Характерной чертой школы является тесная связь таких, казалось бы, отвлеченных от практики дисциплин как палеонтология и стратиграфия с решением крупных прикладных задач, вплоть до прямого использования их для поисков месторождений и установления закономерностей их размещения.

Металлогеническая школа. Это крупное научное направление отечественной геологии сформировалось и развивается во ВСЕГЕИ под влиянием основополагающих идей выдающихся геологов, специалистов в области рудных месторождений С. С. Смирнова и Ю. Б. Билибина. Главная задача исследований этой школы, как известно, — выявление закономерностей размещения и формирования месторождений в пространстве и во времени в различных структурах земной коры с целью прогноза рудоносных площадей и месторождений и оценки их перспектив. Во ВСЕГЕИ впервые в стране под руководством Ю. А. Билибина был создан металлогенический коллектив, который разработал общие принципы металлогенического анализа и методику составления прогнозно-металлогенических карт для геосинклинально-складчатых областей. В основе металлогенических исследований лежит положение о том, что процессы образования месторождений неразрывно связаны с другими процессами формирования земной коры: осадконакоплением, магматизмом, тектоникой, метаморфизмом, выветриванием и др. — и должны рассматриваться в тесной взаимосвязи с ними, с учетом их эволюции.

В конце сороковых — пятидесятых годах на основе разработанной в соответствии с указанными принципами методики во ВСЕГЕИ были созданы первые металлогенические и прогноз-

ные карты. Конечно, формирование металлогенической школы ВСЕГЕИ, произошло не на «пустом месте». Ее формированию предшествовали детальное изучение многими сотрудниками Геолкома — ВСЕГЕИ месторождений и выявление закономерностей их размещения в отдельных рудных регионах (работы К. И. Богдановича, Н. К. Высоцкого, А. Н. Заварицкого, В. К. Котульского, В. П. Нехорошева, В. Г. Грушевого, П. М. Татарина и др.). Особенно важными для формирования металлогении как самостоятельного научного направления были исследования В. А. Обручева в Сибири, С. С. Смирнова в Забайкалье и Верхоянье, Ю. А. Билибина на Северо-Востоке и Алдане, В. П. Нехорошева в Рудном Алтае и др. Эти работы стали фундаментом для предстоящих теоретических обобщений, по их результатам были выявлены особенности зонального размещения месторождений, их связь со специализированными типами интрузий и, по существу, установлено большое значение формационного анализа месторождений при прогнозных металлогенических исследованиях (работы С. С. Смирнова по олову, Ю. А. Билибина по золоту).

Уже в начале целенаправленных металлогенических исследований школа ВСЕГЕИ широко применяла понятия об интрузивном и рудном комплексах, которые являются синонимами современных представлений о формациях. Были охарактеризованы структурно-металлогенические зоны разных типов, установлены закономерности их проявления. На структурно-формационной основе составлены металлогенические карты многих регионов страны (Средняя Азия, Сибирская платформа, Забайкалье и др.). Позднее была разработана методика металлогенического анализа платформ. Эти исследования принесли широкое признание металлогенической школе ВСЕГЕИ.

Отметим только две наиболее характерные особенности металлогенической школы ВСЕГЕИ, отличающие исследования института от сходных работ других коллективов. Это детальное изучение, сравнение и разделение казалось бы сходных месторождений на разные формационные типы и тщательное исследование процессов магматизма и его реальных связей с оруденением.

Крупные этапы в развитии металлогенической школы ВСЕГЕИ — составление металлогенических карт СССР и комплекта карт «Металлогения СССР» в разных масштабах для различных регионов, а также издание в последнее десятилетие крупных обобщающих работ по металлогении отдельных регионов и критериям прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые, в т. ч. методика подсчета прогнозных запасов. В последние годы были выполнены интересные исследования металлогении урана, металлогении рифтовых зон, проблем металлогении рудных районов и методики составления объемных прогнозных металлогенических карт.

А. И. Жамойда справедливо отмечал, что научные школы ВСЕГЕИ — школы коллективов [3]. Однако в первые годы они создавались вокруг крупных ученых. Во главе школы региональной геологии и геологической картографии, несомненно, стоял молодой и талантливый А. П. Карпинский, долгие годы затем курировавший эти направления и передававший школу академику Д. В. Наливкину. Палеонтолого-стратиграфическая школа возникла под воздействием таких крупных ученых, как Ф. Б. Шмидт и Ф. Н. Чернышев, А. П. Карпинский и Н. И. Андрусов, А. А. Борисьяк и Д. В. Наливкин, Б. А. Лихарев и А. Н. Криштофович и др. Основоположники металлогенической школы — С. С. Смирнов и Ю. А. Билибин.

Все они были крупными учеными и неординарными личностями с огромным творческим потенциалом и знаниями.

Важная особенность научной деятельности школ ВСЕГЕИ — их тесная связь с решением прикладных вопросов, что было характерно и для сотрудников Геологического комитета. Далекие истоки такой связи, возможно, заключены в традициях Петербургского горного института, воспитанники которого, составлявшие ядро Геологического комитета, были горными инженерами, чья деятельность была направлена, прежде всего, на расширение минерально-сырьевой базы страны.

Научными школами ВСЕГЕИ созданы различные методические руководства, пособия и инструкции для широкого круга геологов, внедряющих

в практику геологоразведочных работ новые методы исследований, особенно поисковых и съемочных исследований, составления прогнозных и металлогенических карт. Эти, казалось бы формальные, методические рекомендации и инструкции представляют собой результат очень сложных и долгих научных раздумий и обобщений. Они основаны на глубоком анализе фактического материала и отражают действительно новый подход к решению тех или иных проблем. В настоящее время это направление деятельности института имеет очень важное значение.

Нами кратко охарактеризованы три научных школы ВСЕГЕИ, наиболее представительные направления в деятельности института. Они продолжают развиваться сегодня и включают достижения других областей геологических знаний. Однако в Геолкоме — ВСЕГЕИ в свое время развивались и другие научные школы, которые в настоящее время, не могут рассматриваться как самостоятельные научные направления. К ним относятся школа геологов-угольщиков, основоположником которой был Л. И. Лутугин, организовавший детальное изучение Донбасса, и гидрогеологическая, признанная благодаря известным работам Н. Ф. Погребнова и С. Н. Никитина.

Другие направления исследований института (петрология, четвертичная геология и геоморфология, тектоника, анализ минерального вещества и др.), являясь важными в деятельности института, тесно примыкают к региональной геологической и металлогенической школам ВСЕГЕИ.

Рождаются и крепнут новые разработки института, в частности, геоэкологическое направление с изучением геохимических аномалий, прежде всего прибрежных и шельфовых зон, являющихся индикаторами неблагоприятных обстановок на суше; компьютеризация геологических исследований; комплексный анализ новых перспективных рудоносных структур; новые задачи прогноза размещения месторождений алмазов на всей территории страны, и в первую очередь на ее европейской части. Разрабатываются проблемы, связанные с прогнозом оруденения на локальных площадях и созданием объемных (трехмерных) металлогенических карт, выявлением принципиально новых типов месторождений.

Особое внимание уделяется рудоносности осадочных бассейнов и их металлогении. Эти работы ведутся в русле главных научных школ и одновременно являются основой новых перспективных научных направлений. Все они подчинены одной большой и, пожалуй, самой главной задаче, стоящей перед институтом со дня его основания, — всестороннему комплексному региональному геологическому изучению территории страны, включающему установление закономерностей размещения месторождений с целью выбора наиболее эффективных направлений поисковых работ.

Эта генеральная задача, по нашему мнению, должна стоять перед институтом и в ближайшие десятилетия. Каковы перспективы деятельности института в условиях рыночной экономики и суверенитета бывших союзных республик. Прежде всего следует отметить общее положение: без развитой минерально-сырьевой базы ни одна экономическая система, в особенности в странах с крупной тяжелой промышленностью, существовать не может, и все индустриально развитые страны мира уделяют большое внимание ее развитию. Серьезные успехи в экономическом развитии достигли в последние годы именно страны, в которых открыты крупные месторождения полезных ископаемых. К ним относятся Канада, Китай, Австралия, Бразилия, Норвегия и др. В них, как и в других странах, существует государственная геологическая служба, финансируемая из государственного бюджета, причем она включает достаточно крупные организации, ведущие фундаментальные и прикладные исследования (США, Англия, Франция и др.).

В условиях нашей страны сохранение единой геологической службы с комплексом институтов, признанных на научной основе направлять геологоразведочные работы, вести обобщающие исследования и тем самым создавать научный фундамент для прикладных работ, является единственно правильным путем дальнейшего развития геологии. Разобщение геологической службы по республикам, ликвидация единой геологической службы страны, призванной осуществлять координацию прежде всего региональных геологических, металлогенических и геологосъемочных исследований, при-

ведет уже в ближайшие годы к резкому снижению эффективности геологоразведочных работ, невозможности осмысливания теоретической информации в масштабах всей страны, ее отдельных регионов и крупных единых геологических структур, расчлененных административными границами суверенных государств. Все это в скором времени негативно отразится на создании минеральных баз как отдельных республик, так и страны в целом, приведет к снижению достаточно высокого мирового авторитета советской геологии.

Следует иметь в виду, что открытие месторождений с каждым годом становится все более сложным и более дорогим. Приостановить угрожающие темпы этого процесса возможно также с помощью геологической науки. Поэтому ограничивать ассигнования на фундаментальные исследования, переводить их на прямые договоры с производственными организациями это значит не только лишить отраслевую геологическую науку перспектив развития, что через очень короткий срок приведет к ее краху, но и полностью подорвать минерально-сырьевую базу страны, лишить «хлеба» нашу промышленность. Институты, подобные ВСЕГЕИ, со своими устоявшимися традициями и научными школами без сомнения должны финансироваться даже в современных сложных условиях за счет государственного бюджета с предоставлением им более широких прав в выборе научной тематики в области фундаментальных исследований.

Необходимо прекратить мелочную опеку института со стороны центральных органов, еще раз вернуться к обсуждению сложной и унижительной для больших научных коллективов существующей системы заключения договоров на научную тематику фундаментального плана. Исследования ВСЕГЕИ в рассмотренных выше направлениях всегда финансировались из средств госбюджета, причем с широким предоставлением Ученому совету прав по выбору тематики исследований. Даже в годы разрухи, в 1918 г., когда на заседании Совнаркома рассматривался вопрос о выделении средств на проведение работ Геолкома, В. И. Ленин «в категорической форме предложил утвердить смету Геологического коми-

тета без сокращений, прибавив, что для исследований, с которыми тесно связано выявление месторождений полезных ископаемых, средств жалеть не следует» [7]. Конечно, проводить резкую грань между фундаментальными и прикладными исследованиями неправомерно, т. к. из фундаментальных работ, как правило (а в геологии очень часто), вытекают практические следствия, а при прикладных разработках часто рождаются принципиально новые теоретические представления. Фундаментальные и прикладные исследования в науке обычно тесно взаимосвязаны и именно их единство и совместные достижения в конечном счете определяют уровень науки. Переход науки на хозяйственный расчет и самофинансирование, особенно в условиях рыночной системы, не способствует ее развитию и прогрессу и тем более прорыву в фундаментальных исследованиях.

Это связано еще и с другой очень важной особенностью науки, которая практически полностью игнорируется. Наука всегда была, есть и будет персонализированной, т. е. от силы научного интеллекта ученого практически всегда зависит основной успех ее развития, появление новых идей, теорий, гипотез и целых научных школ. Все это требует не только высокой научной мысли, но и свободы творчества. умения концентрировать (и причем быстро) усилия научных работников и материальные ресурсы на вновь определившихся или главных направлениях науки. К сожалению, ныне существующий и считающийся новым механизм организации геологической фундаментальной науки не способствует этому, на что мы обращали внимание ранее [6].

Таким образом, если перед ВСЕГЕИ сохраняются прежние задачи, свойственные его научным школам и направлениям, имеющим широкую известность в стране и за рубежом, институт и в условиях рыночной экономики должен финансироваться за счет государственного бюджета в рамках общегосударственных программ. В противном случае институт превратится в обычное подрядное геологическое учреждение по выполнению мелких, частных заказов производства. Институт как организация, наверное, сумеет обеспечить себя финансированием, но высококвалифи-

цированный коллектив, выполняющий поисковые, фундаментальные исследования прекратит свое существование. Нужно ли это нашему государству, укрепит ли это престиж отечественной геологической науки? Конечно, возможно финансирование работ общесоюзного масштаба, которые проводит ВСЕГЕИ, за счет выделения определенной доли средств каждой республикой, но это чревато серьезными осложнениями в работе всех организаций.

110 лет активной работы — значительный срок для геологического научно-исследовательского института. За это время выполнены крупные исследования, решены многие практические задачи, созданы научные школы и направления, сменилось несколько поколений геологов, а научные традиции Геолкома — ВСЕГЕИ не только живут, но и развиваются, обогащаются новым содержанием. В замыслах института новые дела. В ближайшие годы предстоит составление новых серий геологических карт всей страны и отдельных регионов. К ним относятся карты Восточно-Европейской платформы, для которой впервые составляются геологические и металлогенические карты — срезы по отдельным эпохам, карта полезных ископаемых СССР и сопредельных территорий, комплект экспериментальных карт геологического содержания Приамурья и др. Предполагается составление карты глубинного строения территории СНГ; большое внимание уделяется составлению карт масштаба 1:1 000 000 новой серии, при этом стоит задача обобщения большого нового материала и по отдельным регионам, и по разным типам структур. По-прежнему будут занимать особое место работы палеонтолого-стратиграфического направления, среди которых решение методических вопросов прикладных исследований, основанных на глубоком изучении фундаментальных проблем биостратиграфии. К ним, например, относится проблема «Биозональный метод и его использование в практике геологосъемочных работ масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000».

Крупный цикл принципиально новых исследований будет проводиться в области металлогении. Это комплексное исследование металлогении осадочных бассейнов, установление особен-

ностей проявления рудной минерализации в осадочных формациях с целью открытия новых типов месторождений, прежде всего осадочно-гидротермального типа с металлоорогеническими соединениями. Работа базируется на новом подходе к тектонической классификации осадочных бассейнов, составлении палеотектонических моделей рудоносных систем и всестороннем изучении рудоносных осадочных формаций, в первую очередь углеродистых, карбонатных — рифогенных, красноцветных и др. Предполагается уделить особое внимание изучению геологических структур, металлогения которых еще познана недостаточно. К ним, например, относятся рифтовые зоны, кольцевые структуры разных типов, рудоносные зоны долгоживущих глубинных разломов и др.

В планах ближайших лет составление новой металлогенической карты территории СНГ. Она должна быть создана на всестороннем осмыслении новых закономерностей, в первую очередь изучении взаимосвязей оруденения с глубинным строением тектоносферы. Для решения этой задачи предполагается составление разрезов тектоносферы по основным геотраверсам. Проводится крупномасштабное объемное прогнозирование рудных месторождений, прежде всего на примере типовых рудных районов с крупными месторождениями. Впереди разработка принципиально новых основ крупномасштабного районирования. Расширяются геоэкологические исследования. Создаются новые методики геологосъемочных работ.

Перечислить всю предполагаемую новую тематику института практически невозможно. Отметим, что вся она базируется на фундаментальных, теоретических достижениях современной геологии, ставит перед собой задачи дальнейшего познания существа геологических явлений, их взаимосвязей и эволюции. Такой подход обеспечивает наиболее эффективное решение и прикладных вопросов, связанных с прогнозом размещения месторождений и оценкой рудоносных структур разных масштабов. На этой основе в институте созданы концепции развития регионального геологического и металлогенического изучения СНГ на перспективу, которые были обсуждены и одобрены геологической обществен-

ностью. Развиваются перспективные новые теоретические направления, в частности, представления о блоковой делимости земной коры, нелинейности геологических процессов, активной роли астроблемных процессов в развитии Земли и формировании месторождений и др.

Новым для деятельности института является осуществленное пока только формально научно-методическое руководство со стороны Академии Наук России. Предстоит еще выработать реальные формы связи работ института с исследованиями Академии. В то же время нельзя уходить от реальной жизни и забывать о задачах института перед геологическим изучением России — республики, на территории которой осуществляются практически все его исследования.

ВСЕГЕИ тесно связан с геологическими организациями и институтами очень многих стран, его сотрудники участвуют в работе различных международных организаций; при институте успешно функционирует рабочая группа по геологии российско-финляндской комиссии по научно-техническому сотрудничеству. Начаты составление комплекса карт различного геологического содержания бассейна верховий Амура совместно с геологами Китая, геоэкологические исследования совместно с геологами Финляндии и Норвегии и многие другие проекты и работы с зарубежными учеными. Широкие связи ВСЕГЕИ с зарубежными организациями, важные итоги этих ра-

бот — особая страница деятельности института и требует специального рассмотрения.

Все изложенное выше свидетельствует о большом научном потенциале института, его значительных возможностях при решении крупных геологических проблем. Даже в таких сложных условиях, в которых сейчас живет наше больное общество, ему необходим единый научный центр по проблемам региональной геологии и металлогении, каким является сегодня ВСЕГЕИ — старейшина государственной службы России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВСЕГЕИ в развитии геологической науки и минерально-сырьевой базы страны (1882—1982)/Отв. ред. А. И. Жамойда — Л.: Недра, 1982.
2. Дрянов В. А. Энциклопедист геологии. Академик М. А. Усов. — М.: Знание, 1988.
3. Жамойда А. И. Научные школы Геолкома — ВСЕГЕИ//ВСЕГЕИ в развитии геологической науки и минерально-сырьевой базы страны (1882—1982). — Л.: Недра, 1982. С. 209—222.
4. Лавров Н. П., Жамойда А. И., Шапошников Г. Н. Столетие Всесоюзного научно-исследовательского геологического института//Сов. геология. 1982. № 2. С. 8—26.
5. Марковский А. П. Научные направления и школы Геологического Комитета — ЦНИГРИ — ВСЕГЕИ//Региональные комплексные геологические исследования территории СССР. Л., 1975. С. 3—15 (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. Т. 234).
6. Щеглов А. Д. Самостоятельности мы не получили//Коммунист. 1990. № 12. С. 90—91.
7. Эдельштейн Я. С. О геологии СССР и миллионной геологической карте СССР//Вестн. ЛГУ. 1947. № 6. С. 87—94.

Региональная геология и тектоника

УДК 551.24.01

© Л. И. Красный, 1992

Проблемы тектонической систематики — новый взгляд

Л. И. КРАСНЫЙ

Значение всякой систематики, в т. ч. и тектонической, состоит в упорядочении понятийной базы науки, установлении взаимосвязанности и иерархии соответствующих подразделений. Такая работа, к настоящему времени существенно устаревшая, была проделана автором 15—20 лет назад (1972, 1976).

С тех пор проблемы тектонической

систематики значительно усложнились. Необходимо было учесть: своеобразные структурные особенности планет, и в первую очередь венерианских; строение глубоких и сверхглубоких недр Земли вплоть до поверхности ядра; взаимосвязанные данные геохимии, геофизики и учения о деформационных структурах геологических тел. Коллективом геоло-

гов и геофизиков ВСЕГЕИ с привлечением ученых Академии наук СССР и вузов был составлен справочник-словарь по тектонике и глубинному строению Земли, в котором широко освещены данные вопросы.

Значительную роль в тектонической систематике играет и выявление исторических закономерностей. Несомненно, раннедокембрийские структуры отличаются от фанерозойских, в которых отмечается специфика новейшей тектоники.

И наконец, если обратиться к современной Земле, мы увидим принципиальное различие трех суперструктур [5]: континентов, океанов и транзиталей. Сделана попытка показать зависимость структур от этапности их развития (рис. 1).

Прежде чем перейти к сжатому освещению этих принципиальных положений, автор, учитывая особый характер данного номера журнала, хотел бы напомнить, что еще до образования Геологического комитета в 1841 г. задолго до известных работ А. П. Карпинского, обосновавшего наличие Русской плиты, Г. П. Гельмерсен признал, что Европейская Россия представляет огромный

бассейн, сложенный формациями, залегающими преимущественно горизонтально. Весьма значительна была роль А. А. Борисяка в развитии теории геосинклиналей. Яркие фигуры в области тектоники — Д. И. Мушкетов и М. М. Тетяев. Последний организовал, а затем и руководил Геотектоническим кабинетом. Взгляды М. М. Тетяева были изложены в монографии «Основы геотектоники» (1934), пропагандировавшей единство тектонического процесса в общем развитии Земли и привлекавшей внимание к колебательной, складчатой и магматической формам геотектогенеза. В. В. Белоусов в ранний период своей работы был тесно связан с ВСЕГЕИ. В его книге [1] изложена классификация эндогенных режимов (табл. 1). Глубинные связи здесь рассматриваются на фоне весьма умеренных горизонтальных движений литосферы и ограниченного растяжения (раздвижения и утонения) коры, что существенно сужает обоснование мобилистических построений. Во ВСЕГЕИ развивались две ветви тектоники — теоретическая и наиболее полно региональная. При этом акцентировалось внима-

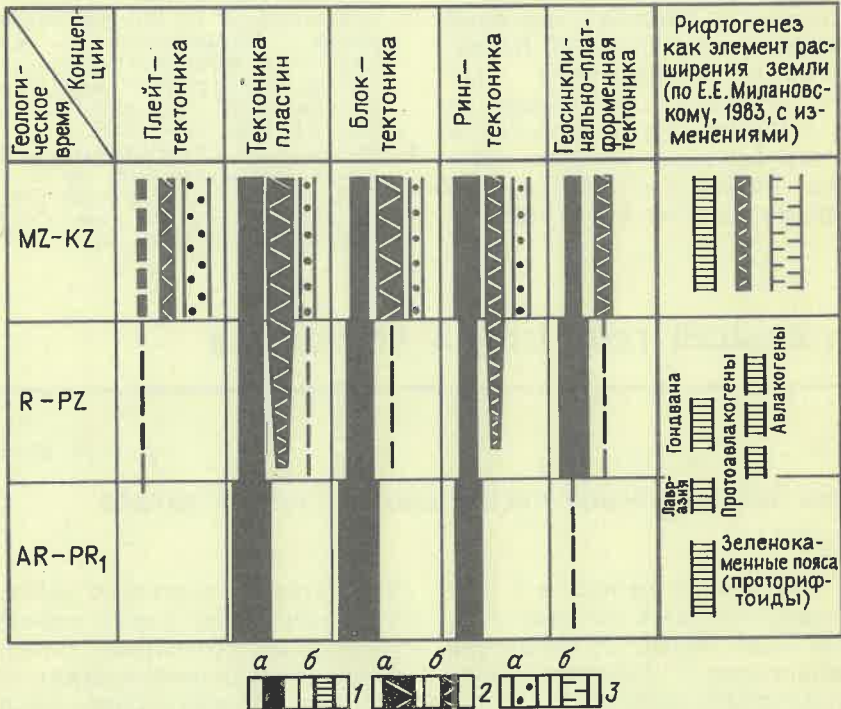


Рис. 1. Схема зависимости между главнейшими структурными подразделениями Земли и временем их развития (для ведущих тектонических концепций):

1 — континенты (а), рифтогенные элементы в них

(б); 2 — транзиталей (а), рифтогенные элементы в них (б); 3 — океаны (а), рифтогенные процессы в них (б); ширина колонки показывает значение соответствующей структуры; пунктиром показано предполагаемое развитие структур

ние на тектонических закономерностях размещения полезных ископаемых.

Наблюдающиеся неоднородности в планетах земной группы, дисимметрия их различных полушарий и сегментов заставляют тектонистов отходить от моделирования структур и обстановок, опирающегося лишь на одну концепцию, даже самую привлекательную. Е. В. Павловский (1988) настаивал, что назрела целесообразность замены термина униформизм — плюреформизмом, исключающим идею однообразия геологических процессов в течение истории Земли.

Исходя из направленности необратимого процесса развития Земли и своеобразие геологической истории тектоносферы в раннем докембрии (древнее 2,6 млрд. лет) кратко обобщим известные данные о структурах этого времени. Введены многие понятия и термины, обоснованные (но не всегда уверенно) стратиграфическими и изотопными геохронологическими данными (табл. 2). Особенность докембрийской тектонической понятийной базы — использование геолого-петрологической терминологии, включающей и представления о степени метаморфизма. Предстоит еще значительная работа, чтобы упорядочить этот раздел тектонической систематики. В недавней работе В. Е. Хаина и Н. А. Божко [10] суммированы сведения о древнейшей сиалической коре планеты и ее преобразованиях в архее и раннем протерозое.

Известно, что в древнейших нижнеархейских (свыше 3,4 млрд лет) образованиях, согласно А. Б. Ронову и др. (1991), наблюдается максимум Mg, Ni, Co, Cr, Fe и V, а в толщах нижнего протерозоя (2,5—1,6 млрд лет), сформировавшихся вслед за важнейшей сменой тектонического режима, имеет место максимум K, Rb, Sr, Ba, Zr, Hf, Th и Nb. Хотя эти подсчеты касаются различных сланцев и их аналогов, они достаточно представительны, чтобы доказать резкую смену геологических обстановок, отмеченных крупным несогласием, широким развитием гранитоидов и региональным метаморфизмом. «Серогнейсовые области», гранулит-гнейсовые, гранит-зеленокаменные пояса ранних генераций, литоплиты и нуклеары архея сменяются протяженными протогеосинклиналями, обрамляющими эократоны. В то же время (первая половина раннего про-

1. Тектонические эндогенные режимы. По В. В. Белоусову, 1991

Эндогенные режимы	Тепловое состояние тектоносферы кора мантия	Среднее значение тепловых потоков, мВт/м ²
Геосинклинальный доинверсионный	холодное горячее	120—200 (эпохи регионально-го метаморфизма)
инверсионный	горячее холодное	—
орогенный (эпигеосинклинальный)	холодное горячее	70
Платформенный собственно платформенный	холодное холодное	40 (щиты), 50 (щиты с чехлом)
эпиплатформенный орогенез	холодное горячее	80
глыбовая тектономагматическая активизация		—
рифтовый		—
платобазальтовый	—	—
Тафрогенный собственно тафрогенный	—	90
океанический океанические котловины	—	—
срединно-океанические хребты	—	100 (в отдельных пунктах до 300)

терозоя) формировались древние впадины и прогибы и протоавлакогены, имеющие крупное минерагеническое значение (Витватерсранд, Удокан и др.).

Особый тип высокометаморфизованных линейных и изометричных участков континентальных блоков с развитием сложных тектонических пластин с характерным радиогенным омоложением выделяется под названием структур (поясов) тектоно-термальной переработки, протоактивизации, диасхизиса. Для них обычны породы гранулитовой фации. Они, по Ч. Б. Борукаеву, отвечают зонам континентально-го столкновения.

Итак, купольно-полигональные первичные структуры протокры, ограниченные гранулитовыми поясами (по

2. Раннедокембрийские геолого-петрологические и тектонические подразделения

	Рубежи изотопной геохронологии (млрд лет)	Геолого-петрологические		Тектонические				
Протерозой	1,7—1,6	Протовулканогенные (вулкано-плутонические) пояса		Пояса тектоно-термальной переработки (термотектогенез) Диасхизис; структуры протоактивизации Протоавлакогены				
	Интеркратонные бассейны и впадины Протегеосинклинали							
	2,1—2,0	II Гранит-зеленокаменные области и пояса (ранняя—I и поздняя—II генерации) II I Гранулит-гнейсовые области и гранулитовые пояса		Анортозит-гранулитовые пояса		Окранно-континентальные пояса — полиметаморфические, мультиметаморфические Граничные троговые пояса и трогои Аккреционные и коллизионные орогены Фундаменты древних платформ — шиты Кратоны — кратонные геоблоки Выступы глубинных сечений		
2,6—2,5	Складчатые пояса							
Архей	3,2—3,1						Проторифтоиды Литоплинты	
	3,6—3,5						Перилитоплинты (диалитоплинты)	
	3,8—4,0						Нуклеары	

В. Е. Хаину), или ранние геоблоки, сохранившиеся в виде кратонных глыб (например, Сьюпириор, Йилгарн, Алдано-Становой), составляют фундаментальную основу докембрийской тектоники. Блок-тектоника оказалась особенно выразительной при картировании в мелком масштабе цоколя древних платформ с четким выделением архейских глыб и обрамляющих их раннепротерозойских протегеосинклиналей. На основе геолого-геофизического изучения Восточно-Европейской и Сибирской древних платформ выяснилось, что они представляют собой самостоятельные крупные неоднородности, образующие секториальный (близкий к звездчатому) узор, исходящий из общего центра [4].

На заключительных стадиях развития многие докембрийские сооружения подвергались интенсивным складчаточешуйчатым или чешуйчато-надвиговым деформациям. Тонкая и пластичная глубокопрогретая протогора претерпела неоднократное тектоническое расслаивание.

В 60—70-х годах в Геологическом институте АН СССР была обоснована концепция тектонической расслоен-

ности, принимаемая как «... результат дифференцированного по скорости субгоризонтального смещения глубинных и (или) близповерхностных масс литосферы, сопровождаемого срывом литопластин с образованием тектонических ансамблей сгучивания в одних местах и деструктивными процессами в других» [8, с. 4].

Постепенно формировалась терминология, развивающая и уточняющая это положение. В первую очередь были рассмотрены покровно-складчатые сооружения, подразделенные на два крупных класса: коллизионные с предпочтительно аллохтонным стилем образования коровых ансамблей и аккреционные с характерным межконтинентальным (межблоковым) или периокеанским способом приращения верхней части литосферы.

В покровно-складчатой структуре устанавливается закономерное сочетание покровов по латерали и по вертикали и взаимоположение структурно-формационных комплексов. Выделяются региональные зоны отслоения (decollement), различные гетерокластические образования — тектонически переработанные и перемешанные (мелан-

жированные) комплексы пород. Считается, что важное значение в тектоническом контроле месторождений полезных ископаемых приобретают шарьяжи, надвиги, анти- и синформы.

Нередко глобальное значение придается узким значительной протяженности сутурам — зонам с нарушением динамического равновесия глубинного вещества с высокой напряженностью деформаций. Сутуры (офиолитовые или серпентинитовые швы) часто рассматриваются как реликты корневых пластин соответствующих покровов. Пример сутурной линии, трассирующей северную границу Индийской плиты, — офиолиты зоны Инда.

В тектонической систематике наиболее последовательное раскрытие соподчиненности плейт-тектонических понятий принадлежит С. А. Ушакову и А. А. Ковалеву и составителям «Геодинамической карты СССР» (ред. Л. М. Натапов, Н. В. Межеловский) и «Тектонической карты Евразии» (В. А. Унксов, Е. С. Кутейников, 1991). Как видно из рис. 2, идейной основой глобального структурообразования служит «цикл Уилсона», включающий этапы: нередко предгеосинклинального начального рифтогенеза (иногда вместе со сводовым воздыманием литосферы); спрединга, трактуемого весьма широко с включением ранней островодужной стадии, асейсмических вулканических и срединно-океанических хребтов; субдукции, формирующей активные океанические окраины, зрелые островные дуги и вулканические пояса Андского типа; и коллизии, обуславливающей различные обстановки орогенеза с образованием динамометаморфизованных пород, вулканоплутонических поясов, предгорных и межгорных прогибов, рифтов и террейнов [9]. Первые два этапа относятся к области раздвижения — дивергенции и последние два — сближения — конвергенции. В этой достаточно стройной картине нет четкого места для внутриплитной тектоники и, в частности, микроплит, которые правильнее называть геоблоками [6].

Объективный анализ фигуры Земли и ее гравитационного поля показал, что по аномальному геопотенциалу выявляется крупная ячеистость общей структуры планеты. В разработке учения о неоднородностях принимали участие геологи и геофизики ВСЕГЕИ

(И. Г. Клушин, А. А. Смыслов и др.), ГИНа (Ю. М. Пушаровский), ИФЗ (М. А. Садовский, В. В. Белоусов), Института геофизики АН СССР (А. В. Чекунов, В. Б. Соллогуб) и др. Реконструируя геодинамическую эволюцию территории Советского Союза с плейт-тектонических позиций Л. П. Зоненшайн, Н. В. Межеловский и др. признали, что ее континентальная часть представляет собой мозаику разновеликих древних блоков, спаянных складчатыми поясами в единый континент. Особенно четко вычленились геоблоки в древнейших докембрийских сооружениях, что было показано на примере Балтийского щита К. О. Кратцем, Т. В. Билибиной, А. А. Смысловым и др., Антарктиды (М. Г. Равичем) или под другими названиями А. Кренером (Африка), К. Пламбом (Австралия). На основе геоблокового развития Л. С. Галецкий, А. О. Шмидт и др. [7] рассмотрели тектонику и металлогению Восточно-Европейской платформы. Они подчеркнули, что эта концепция подтверждается различными исследователями при изучении всех типов тектонических структур Земли.

Общие геологические и минерагенические особенности территории СССР и обрамляющих ее морей, обусловленные геоблоковой делимостью, описаны автором [4].

С. Л. Афанасьев принял за основу глобальной и региональной делимости земной коры геосегменты и геоблоки (табл. 3). Автор дана общая сводка закономерностей распределения глубинной и поверхностной геоблоковой гетерогенности Земли [3]. На континентах площадь кратонных геоблоков (39) обычно составляет 1—3 млн км². Часть их перекрыта осадочно-вулканогенным чехлом, другие выделяются повышенной подвижностью и неоднократной тектоно-магматической регенерацией. Меньшую площадь, но важную в нефтегазоносном отношении занимают геоблоки молодых платформ и близких к ним шельфовых областей. Геосинклинально-складчатые геоблоки континентов (15) преобладают в Евразии и Северной Америке. Площадь геоблоков транзиталей (13) превышает площадь континентальных геоблоков. Наиболее крупный из них — Филиппинский 4,8 млн км² и Фиджийский 3,8 млн км². И, наконец, геоблоки океанов (38)

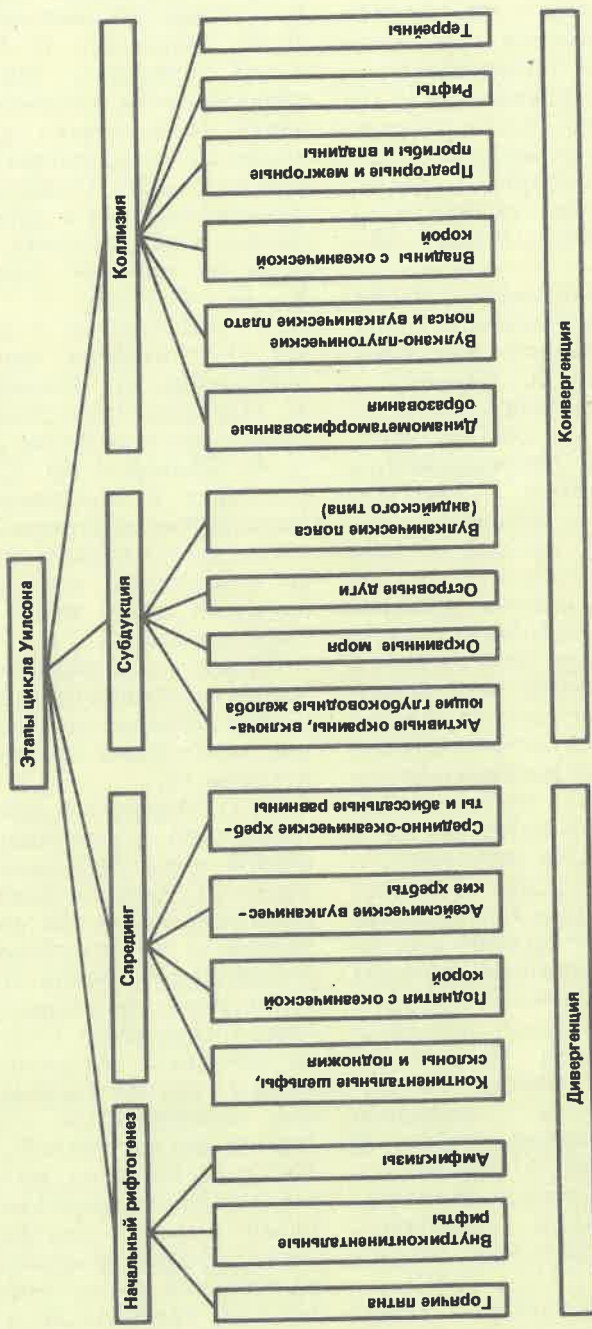


Рис. 2. Этапы цикла Уилсона

3. Типы и классы структур земной коры.
По С. Л. Афанасьеву, 1989 (с изменениями)

Типы структур	Классы структур земной коры по масштабу	Средняя площадь, млн км ²
Геосегменты	Геосегменты Гемигеосегменты	170 85
Геоблоки	Мегаблоки Макрогеоблоки Мезогеоблоки	24 6,5 1—0,85
	геоблоки по Л. И. Красному (1965, 1984)	

существенно различаются по площади. В Тихом океане известны такие геоблоки, как Северо-Восточный и Экваториальный (16—17 млн км²), в Индийском океане — Западно-Индоканский и Юго-Восточный Индоканский (по 10 млн км²). Отметим, что геоблоки с фрагментами континентальной коры в Атлантическом океане (Роколл, Норвежско-Лафонтенский), Северном Ледовитом (Амеразийский) и Индийском (Аравийскоморский) имеют площади, близкие к характерным для континентов 2,5—3 млн км². Увеличение площадей геоблоков в направлении континент — транзиталь — океан уместно связывать с соответствующими мантийно-коровыми конвективными ячейками, что зависит от глубины и мощности астеносферного слоя под этими глобальными элементами.

Геоблоки в ряде случаев подразделяются на блоковые структуры второго порядка (мегаблоки). Последние делятся на еще более мелкие полигональные дискретные тела, включающие террейны. Выделяются также блоки поперечником в десятки километров. Для этих фрагментов коры предложен немецкий термин шолль (sholle — глыба, блок).

Сжато остановимся на межблоковых системах. К ним относятся: внутри древних платформ — протяженные «бороздой рожденные» структуры — авлакогены и на окраинах платформ — перикратонные и краевые прогибы; краевые (периплатформенные) кристаллические поднятия; контрастно выраженные сложнзональные эвгеосинклинальные системы; различные тектоно-магматические швы; гирлянды островных дуг с глубоководными желобами.

Подчеркнем тектоническое и минерагеническое значение геосинклинально-складчато-надвиговых (коллизийных)

весьма мобильных полигенетических, полихронных с характерной латерально-временной зональностью межгеоблоковых структур. Главнейшие из них (например, Зайсанская, Монголо-Охотская и, как сейчас выясняется, Южно-Анжуйская) (С. Г. Белобаяжеский и др., 1990) длительного развития, что заставляет сомневаться в возможности поперечного возникновения и исчезновения крупных океанских пространств.

Минерагеническое значение блок-тектоники очень велико. Эта концепция, исходящая из автономности геоблоков и граничных межблоковых зон различного ранга, позволяет выявлять новые закономерности размещения полезных ископаемых в ангулярных (внешние и внутренние углы платформ, клинораздвиги) структурах. Остановимся на них подробнее.

Внимание к «глубинным клиньям» или «углам» было впервые привлечено Г. Штилле (1940, 1949) и Н. С. Шатским (1946). С. Кэри назвал сфенокэзмами (пример, Бискайский залив) треугольные расщелины в океанской коре, разделяющие континентальные блоки. Автором в 1987 г. было опубликовано исследование клиновидных (клинораздвиговых) структур. При анализе аномального гравитационного поля (АГП) Советского Союза Г. И. Мартыновой в 1989 г. были обнаружены угловые (гоноидные) морфоструктуры относительно пониженного «рельефа» АГП. Из рудоносных ангулярных структур достаточно уверенно по геологическим и металлогеническим особенностям выделяется Норильский (Норильско-Талнахский) внешний северо-западный угол Сибирской платформы. Известные рудные районы здесь приурочены, по новым данным (А. Д. Додин и др.), к секторному грабену, раскрытому на северо-запад.

Крайний северо-западный выступ Балтийского щита представляет схождение Свекофеннского и Карело-Кольского геоблоков и Скандинавских (Норвежских) складчато-покровных каледонид. Этот внешний Печенгский угол Русской платформы образует сложный дизъюнктивный узел в докембрии Беломорского мегаблока. К этому углу приурочено медно-никелевое оруденение Печенгского рудного поля, расположенного в древней (1,9 млрд лет) палеорифтогенной структуре. Третьим примером сложной рудной провинции,

находящейся в северном углу Казахстанского геоблока, является Кокчетавский. Кокчетавский ангуляр — массив, обрамленный каледонскими структурами. Высокая рудонасыщенность и геохимическая полярность концентрирующихся металлов — характерная его особенность.

Известна высокая нефтегазоносность граничных углов. Так, в юго-восточной части Волго-Камского геоблока особой контрастностью отличается Оренбургский граничный угол, сопряженный с северной флексурной ступенью Прикаспийской глубинной синеклизы и Приуральским краевым прогибом.

Клиновидной в плане формой выделяются расходящиеся под острым углом ясно очерченные структуры, в которых в течение длительного времени накапливалось осадочное, реже осадочно-вулканогенное вещество и происходило устойчивое прогревание формирующегося седиментогенного клина. Эти «раздвинутые бассейны» — важные нефтегазоносные провинции и области. На территории СССР и в прилегающих морях этот тип ангулярных структур развит как на материке, так и в транзиталях. Весьма характерен сложный Тимано-Печерский клинораздвиг с клавишной, близкой к секториальной раздробленностью рифтогенного типа.

Клинораздвиговые напряжения в земной коре описаны В. В. Траубе (1989) в прогнозируемом нефтегазоносном, межгеоблоковом бассейне моря Росса, развивавшегося в ходе расхождения под углом граничных сооружений Земли Виктория и Земли Мэри Бэрд (Антарктида).

В нефтегазоносных и металлогенных ангулярах не имело место пассивное заполнение осадочного ковша или воздействие однообразных магматических процессов. Сложная их эволюция привела к накоплению полихронных залежей углеводородов, а также к образованию рудных и других месторождений экзогенного и эндогенного происхождения. Это дает возможность дополнить существующее традиционное обоснование нефтегеологического и металлогенического районирования новыми важными прогнозными оценками.

Одним из элементов блок-тектоники следует считать террейны. Это экзотические глыбы, чужеродные земли или ксеноблоки, привлечшие внимание геологов

на XXVIII сессии МГК, недавно были описаны в статьях А. К. Соколовского и А. Е. Гольдина (1991) и Дж. Х. Довера [12].

По-видимому, впервые в 1978 г. Х. К. Берг, Д. Л. Джонс и П. Дм. Коней выделили «тектоностратиграфические террейны» на юго-востоке Аляски и несколько позднее «подозрительные земли» — «suspect terranes» в Кордильерах. К террейнам иногда добавляется определяющее понятие аккреционный, литотектонический или аллохтонный. Deskриптивная основа этого понятия означает ограниченное разломами (или другими тектоническими швами) геологическое тело (блок), характеризующееся историей, отличающейся от смежных террейнов или других структур. В этом смысле террейн со своей автономной геологической сущностью может быть поставлен в один ряд с геоблоками (Л. И. Красный, 1965). Часть геологов, придерживающихся плейт-тектонических идей, понимают под ними блоки коры, перемещенные на сотни и даже тысячи километров и приставшие (присоединившиеся) к отдаленному континенту.

Примеры террейновых ансамблей быстро множатся. Предполагается, что большая часть тихоокеанских окраин Северной и Южной Америки сложена аллохтонными террейнами (Кордильеры, Колумбийские Анды и пр.). То же относится к ряду регионов Тетиса (Центральные Понтиды и др.). История развития таких мозаичных систем довольно продолжительна (от позднего палеозоя до кайнозоя) и насчитывает несколько стадий.

Принципиальное вычленение террейнов еще не имеет общего подхода. В дискуссии между Дж. А. Талентом и М. Н. Шапиро и В. Г. Ганелиным (1990) по вопросу о террейнах Северо-Востока СССР последние удачно используют данные о фаунистических провинциях и роли океанских течений, подчеркивая отсутствие «скачкообразно» меняющихся границ между террейнами. Необходимо обосновывать точными палеомагнитными и палеогеографическими материалами выделение террейнов.

Многие геологи обратили внимание на циркувую, концентрированную, центрального типа, кольцевую делимость тектоносферы в основном в пределах континентов.

На основании сходства кольцевых структур древних щитов с лунными М. З. Глуховский и Е. В. Павловский предложили выделение лунной и нуклеарной стадий развития Земли. Диаметр наиболее крупных нуклеаров достигает 3600—2400 км (Западно-Африканский, Северо-Австралийский и др.). Предполагается, что позднее они явились ареной первых стадий гранитизации на рубеже 3,8—3,5 млрд лет.

Наметилось несколько аспектов изучения ринг-тектонических и близких к ним объектов (табл. 4). Около 40 мегаструктур центрального типа установил на территории СССР В. В. Соловьев по морфотектоническим и геологическим данным с учетом аномального магнитного поля.

Существуют разные представления об обосновании глубины заложения ринг-структур. Общий принцип следует из признания, что самые крупные из них связаны с наибольшими глубинами. В целом, вероятно, справедливо мнение о направленной и импульсной энергетической разрядке отдельных глубинных генерирующих центров (В. В. Соловьев), устойчивых во времени.

С глобальным ротогенезом Я. Г. Кац и др. (1990) связывают образование сигмаидальных, вихревых, концентрических и кольцевых лево- и правосторонних структур, возникающих при коллизии — столкновении литосферных блоков разного объема.

Современная тектоническая систематика, концентрирующая внимание на ячеистой и мозаичной структурах, связанных с вычленением плит и блоков разных рангов, обращается к элементам их ограничивающим. В тектонике плит различаются границы: раздвижения (дивергентные), сближения или столкновения (конвергентные) и скольжения (трансформные). Известно, что Ж. Обуэн (1984) выделял «расколы растяжения» и «расколы сжатия» как глобальные системы делимости континентов. С глобальными зонами рифтинга, имеющими весьма глубокое заложение, Е. Е. Милановский (1991) связывает мезозойский процесс раздробления и обширного расширения литосферы, приводящий к распаду континентов на ряд отодвигающихся один от другого блоков.

Автор (Л. И. Красный, 1989, 1990), Б. Х. Егiazаров (1989) назвали планетарными георазделами линейно или

реже дугообразно вытянутые на тысячи километров граничные структуры, возраст которых по простирацию существенно изменяется. По обе стороны от них находятся сегменты тектоносферы, отличающиеся строением, а также историей развития.

В объяснительной записке к карте металлоносности Мирового океана (ред. Б. Х. Егiazаров) выделяются два типа георазделов: периокеанские с георазделами континентального склона на пассивных окраинах и островные дуги с глубоководными желобами на активных окраинах; талассогенные георазделы, включающие срединно-океанские, периокеанские и интраокеанские.

Примером глобального геораздела служит Великий Тихоокеанский (длина 1400 км). Он характеризуется фоолит-трахит-щелочнобазальтовой формацией. В пределах цепей подводных и надводных островов выявлены (например, в Императорских горах) в ряде скважин высокая концентрация микроконкреций (оксиды Mn — 25 %, Ni — 1,1 %, Co — от 0,13 до 0,9 %). В составе конкреций в Западном Пацифике $Fe \geq Mn$ и преобладает Co , в Восточном — $Mn > Fe$ и большое значение имеют Ni и Cu .

В Тихоокеанском суперрегионе доказано, что маргинальные планетарные георазделы (континент — транзиталь; транзиталь — океан; континент — океан) обладают автономностью магматогенного и минерагенического развития. Они достигают на поверхности Земли огромной протяженности (до 22 000 км) в восточной Азии и Австралии, Северной, Центральной и Южной Америке. Наличие таких георазделов должно учитываться при разработке любой тектонической концепции и при построении общей теории строения Земли.

Другой протяженный Евро-Азиатский геораздел (свыше 5000 км) располагается между Русской и большей частью Скифско-Туранской платформ. Этот геораздел представлен складчатонадвиговыми системами Урала, Султан-Увайса (бывший Султан-Уздаг) и Южного Тянь-Шаня. По геофизическим данным (В. С. Дружинин и др.) на Урале выделяется контрастная осевая зона с увеличенной мощностью коры (до 50—70 км) со значительной вертикальной расслоенностью и раздробленностью ее строения по латерали. Эта осевая зона глубокого заложения шири-

4. Общая сводка ринг-структур (диаметр, км)

Глубинность	М. З. Глуховский. 1969, 1984	Г. И. Мартынова. 1969, 1984	В. В. Соловьев. 1978, 1982	Б.В. Ежов, Г. И. Худяков. 1984	Я. Г. Кац, В. В. Козлов, А. И. Полетаев. 1990
	Кольцевые структуры	Морфоструктуры гравитационного поля	Морфоструктуры центрального типа		Ротационные структуры, км ²
Литосферные	Министруктуры (первые десятки)	Цирковые 50—60 до 500—600	Коровые до 80 до 200		Кольцевые, десятки
Астеносферные	Мезоструктуры (многие десятки до 150)	Мезоцирковые 800—120	Корово-мантинские мезоструктуры до 160	200—500	Концентрические, тысячи и сотни
Мантийные	Мантийно-очаговые		Мегаструктуры	500—1 800	Вихревые, тысячи
верхние	Макроструктуры (первые сотни)		I ранга — астеноконы до 700		Сигмаидальные, десятки тысяч
нижние	Мегаструктуры (сотни и тысячи)		II ранга — геокконы до 2000	1800—5 800	
Внутриядерные		Суперцирковые	Глобальные I ранга 8000 II ранга 10 000	6800—10 400	

ной от 80 до 200 км прослежена от Воркуты до Актюбинска. Ее относят к эвгеосинклинальному поясу.

Размеры геораздела, приуроченность к нему разнообразных магматических формаций, начиная с дунит-гарцбургитовой и кончая лейкократовой и граносиенит-гранитовой, а также отсутствие в некоторых структурах (например, в Тагило-Магнитогорской) по геофизическим данным «гранитно-метаморфического слоя» и необычайная полнота временного формирования ряда вулканитов: натриевые базальты, натриевые базальт-риолиты, базальт-андезит-риолиты, андезитобазальты, калиевые базальты, трахиты — свидетельствуют об особом тектоническом статусе осевой зоны Урала. Это в ранней стадии «Fossa Supremus» (Величайший Ров), заложенный на коре, близкой к океанической. Автор, как и многие другие (В. Д. Наливкин, Т. А. Смирнов), не разделяет представлений, что складчатое сооружение Урала сформировалось в океане типа современного Атлантического или Индийского.

В новой антиплейт-тектонической концепции А. Мейергофа с соавторами существенное значение придается планетарной сети сейсмически активных «волновых каналов» или каналов нагне-

тания (surge channels), с которыми связаны активные современные зоны Земли — срединно-океанические хребты, вулканические пояса, островные дуги, континентальные рифты и др.

Привлекает внимание проблема специфичности этапа активизации тектонических процессов, начавшегося после смены геодинамической обстановки на границе эоцена и олигоцена (Н. И. Николаев, 1984). Для этого неотектонического этапа повсеместно на континентах, в океанах и особенно контрастно в транзиталях установлены глобальные проявления вертикальных, а местами и тангенциальных движений, связанных с воздействием глубинных и поверхностных факторов. Предполагается изменение фигуры Земли — деформации геоида, ускорение перемещения оси вращения. В обширной монографии Н. И. Николаева (1988) всесторонне обсуждаются проблемы «живой» тектоники, которой посвятили многочисленные работы В. П. Солоненко, Н. А. Логачев и др.

Можно поставить вопрос о неповторимости в истории Земли неотектонического этапа и неправомерности распространения в полной форме созданных (и создаваемых) в это время

тектонических структур на далекое прошлое.

В неотектонический этап возрастает интенсивность проявления, размаха и контрастности тектонических движений, имеющих глобальное значение. Впечатляют следующие цифры. А. Кайе в 1980 г. показал, что на континентах имеются два величайших нагорья (на условной отметке выше 3050 м) — Тибетское, площадью более $2,6 \cdot 10^6$ км² и объемом $12,2 \cdot 10^6$ км³ при средней высоте 4600 м и Андское объемом (выше уровня моря) — $3,3 \cdot 10^6$ км³ при средней высоте 4000 м. Объем первого из этих массивов составляет 72 % объема всех гор континентов, второго — 20 %. На все остальные горы мира остается только 8 %. Считается, что Тибетское нагорье — гигантское вздутие коры — результат тектонических движений существенно неогенового, точнее плиоцен-четвертичного времени.

Другой пример — повышение скорости осадконакопления в океанах в эоцене, и в особенности в неоген-четвертичное время (А. П. Лисицын, 1980). Удивляет колоссальные размеры подводного конуса выноса р. Амазонки за период 8—15 млн лет. Его длина свыше 700 км, мощность осадочной толщи 7—14 км и масса соответствующего материала $5 \cdot 10^9$ т. Если еще учесть грандиозное «базальтовое наводнение» в кайнозой на ложе океана, протяженность (80 000 км) активных срединно-океанических поднятий с характерным щелевидным расчленением, поднимающихся над дном на 4—5 км, то становится ясной исключительная специчность океанской неотектоники.

Контрастность юного рельефа Земли 21 км. Его нисходящая часть в глубоководных желобах достигает глубин 11 022 м (Марианский желоб), 10 882 м (желоб Тонга). Они рассматриваются как очень молодые образования, возникшие не ранее начала неогена или в конце плиоцена.

Этими немногими примерами автор стремился показать необходимость в тектонической систематике акцентировать внимание на неотектонических структурах, для которых должна разрабатываться (также как и для раннедокембрийских) своя терминология.

Можно согласиться с В. В. Белоусовым (I, стр. 60), что «Формы пространственной и временной «организации» неоднородного вещества Земли представляют едва ли не самый

трудный вопрос, который не может быть решен, пока не поняты процессы в *глубинах земного шара* во всей их *сложности*» (выделено мной Л. К.). Проблемы глубинной тектоники (Ю. А. Косыгин, 1988), глубинной геологии (Ф. С. Моисеенко, 1981), глубинной структурной геологии (Л. П. Винник), глубинной петрологии (Н. Л. Добрецов, 1980, 1981 и позднее), глубинной металлогении (А. Д. Щеглов, И. Н. Говоров, 1985) с полной убедительностью указывают на необходимость изучать границу ядра и мантии, состав и структуру мантии и коры и процессы в них протекающие. Ставится задача выделения структурно-оформленных корней глубинных структур. В серии статей, посвященных «Тектогенезу больших глубин», А. В. Чекунов [11] показал, что тектонический импульс рождается в глубоких этажах тектоносферы и в астеносфере. Мы, очевидно, стоим на пороге создания новой ветви наук о Земле.

Геофизические и в особенности сейсмические исследования и их современный вариант — сейсмическая томография — убеждают, что Земля, поверхность ядра, слои мантии и коры обладают внутренней неоднородностью, предопределенной еще в процессе ранней истории. Отметим, что глобальное обобщение геохимических материалов, сделанное А. Б. Роновым, А. А. Ярошевским, А. А. Митдасовым (1991), выявило расхождение (отсутствие баланса) между средними химическими составами осадочных, магматических и метаморфических пород. Эти авторы ставят задачу установления перераспределения крупных масс вещества в недрах Земли в связи с решением проблем энергетики, а также механизмов и конкретных сил, вызывающих тектонические движения.

Обобщая злободневные проблемы глубинной тектоники и геофизики в свете сделанного обзора остановимся на следующих положениях.

1. В учении об эндогенных режимах (см. табл. 1) глубинными факторами, определяющими их тип, считаются: глубинный тепловой поток, распределение температур в тектоносфере и ее проницаемость для расплавов и глубинных флюидов, а также глубина тех источников, из которых зарождается магма.

Углубленный анализ обширного новейшего материала по Средиземно-

морскому поясу и сопредельным областям Европы позволил (А. В. Чекунов) разработать концепцию, из которой следует определяющая роль астеносферы. Глубины генерации астенолитов, энергетика астеносферных импульсов, их объемные размеры и форма, стадии развития создают все многообразие разнотажной тектоники Земли. Используя прогрессивные идеи, высказанные Ю. М. Пушаровским, В. Л. Новиковым, А. А. Савельевым и В. Е. Фадеевым [2], можно предполагать, что глубинный поток вещества, отделяющийся от поверхности ядра и поднимающийся к литосфере, меняется в зависимости от его энергетического потенциала, массы и эффективной пластичности. Обнаруживается, что отсутствует строгая сферичность глубин Земли, а также их гетерогенность и разномасштабность. Подъем легкого вещества или (и) вещества, насыщенного флюидами, осуществляется по граничным каналам делимости. Пластины литосферы при определенных условиях распределяются в мантии и коре под разными, в т. ч. и пологими, углами. Мегаастенолиты, астенолиты, различные плюмажи обуславливают усложнение геологических обстановок, что требует новых подходов к проблемам тектонической систематики (табл. 5).

Следует добавить, что автор, как многие другие исследователи (Н. Л. Добрецов, Ю. М. Пушаровский, В. Е. Хаин, А. Шейдеггер, Х. Натаф, Д. Берковичи, У. Морган, П. Силвер), придает основополагающее значение конвективным течениям. Трехмерные сферические модели наглядно продемонстрировали вероятность нагрева мантии нижележащим ядром и внутримантийными процессами.

2. Выявляются сверхглубинные сложные мантийные неоднородности, происходящие от потоков, зарождающихся на границе ядра и мантии, где обнаружены выступы и впадины с общей амплитудой до 12 км. По мере достижения определенных термодинамических условий, в основном характеризующихся термальной конвекцией в мантии, поднимающийся материал подвергается дополнительной сепарации. Происходит распределение нагретых восходящих струй апвеллинга и более холодных нисходящих — даунвеллинга. По ослабленным зонам в резко выраженных латеральном и вертикальном направлениях образуются адвективные и кон-

вективные структуры. При этом устанавливаются различные этажи глубинного тектонического расслаивания. Вследствие ведущего исходного процесса происходят широкие преобразования в астеносфере. Ее в разной степени расплавленное вещество внедряется в литосферу в виде многообразных по форме астенолитов и мантийных диапиров, которым многими исследователями (Д. Кариг, Л. Э. Левин и др.) придается крупное структуроформирующее значение.

3. Данные о неоднородности мантии по составу и структуре, разномасштабности происходящих в ней, и в т. ч. в астеносфере, процессов с мозаично-ячейистой организацией тектоносферы дают прямой выход к глобальной системе геоблоковой делимости, включая крупнейшие георазделы.

На основе глобальных томографических исследований выявлено, что на глубинах 150 км в верхней мантии существуют многие элементы глобальной делимости, фиксируемые вариациями поперечных волн (рис. 3). Особенно четко вычленяются такие океанские геоблоки, как Северо-Западный, Северо-Восточный и Юго-Западный Тихого океана, Австрало-Тихоокеанская транзиталь, Кордильерское и Андийское звенья Западно-Американского геораздела, Великий Тихоокеанский геораздел и др.

4. В периоды активизации (возбуждения) астеносферы при достижении определенной неустойчивости ее кровли образуются термоконвекционные ветви (вихри-ячейки по А. В. Чекунову), которые движутся вверх, стремясь принять форму открытых, в плане колоннообразных «струй». Эти процессы, возможно, являются отправной позицией для формирования конических структур — астеноконов и геоконов, в вершинах которых располагаются глубинные энергогенерирующие очаги (В. В. Соловьев).

5. Согласно представлениям и расчетам геофизиков крупномасштабная термальная конвекция в верхней мантии обуславливает движение плит на поверхности [13]. В последние годы данные сейсмической томографии позволяют предположить, что конвекция происходит автономно в нижней и верхней мантии. Считается, что такая система из слоев различной вязкости, движущихся с разными скоростями, может поддерживать движение плит и созда-

5. Опыт гетерогенного системного анализа в современной тектонике (общая схема)

Фанерозойская Земля				
Тектонические литопластины	Литосферные плиты	Платформы и геосинклинали	Геоблоки	Ринг-структуры
Внутрикоровые Литосферные Мантйные Покровные комплексы	Микроплиты; микроконтиненты Внутриплитные структуры: ложе океана и его возвышенности. Горячие пятна (точки); плюмы Рифты Пассивные и активные окраины континентов	Фундамент и чехол платформ Сложнозональные латерально-временные геосинклинали сооружения Массивы	Континентальные Транзитальные: краевые моря Океанские: микроматерики, оленды	Мегаструктуры — геоконы Макроструктуры — астеносконы Мезоструктуры — мегасводы Мегакольца
Граничные системы				
	Планетарные зоны: дивергенции — срединноокеанические поднятия; конвергенции — зоны субдукции	Окраинно-континентальные георазделы Срединно-океанические георазделы Перикратонные и краевые прогибы Авлакогены, рифты, вулканогены		
Геооструктуры (офиолитовые и др.) Аккреционно-коллизонные пояса		Межгеоблоковые системы: эв-многосинклинальные — раздвигово-сдвиговые (коллизонные) Островные дуги — глубоководные желоба		
Аккреционные призмы и клинья Антиформы Синформы Тектонические покровы Различные меланжи	Террейны	Антиклинории Синклинории	Ангулярные структуры: клино-раздвиги, граничные углы Шолли	
Сдвиговые пояса и сдвиги				
Ранняя Земля				
Кристаллические аллохтоны	Кора праокеанического и праконтинентального типов Археомикроплиты	Гранито-зеленокаменные пояса Литоплиты Серогнейсовые области		Гнейсовые овалы и купола Нуклеары Палеоастроблемы

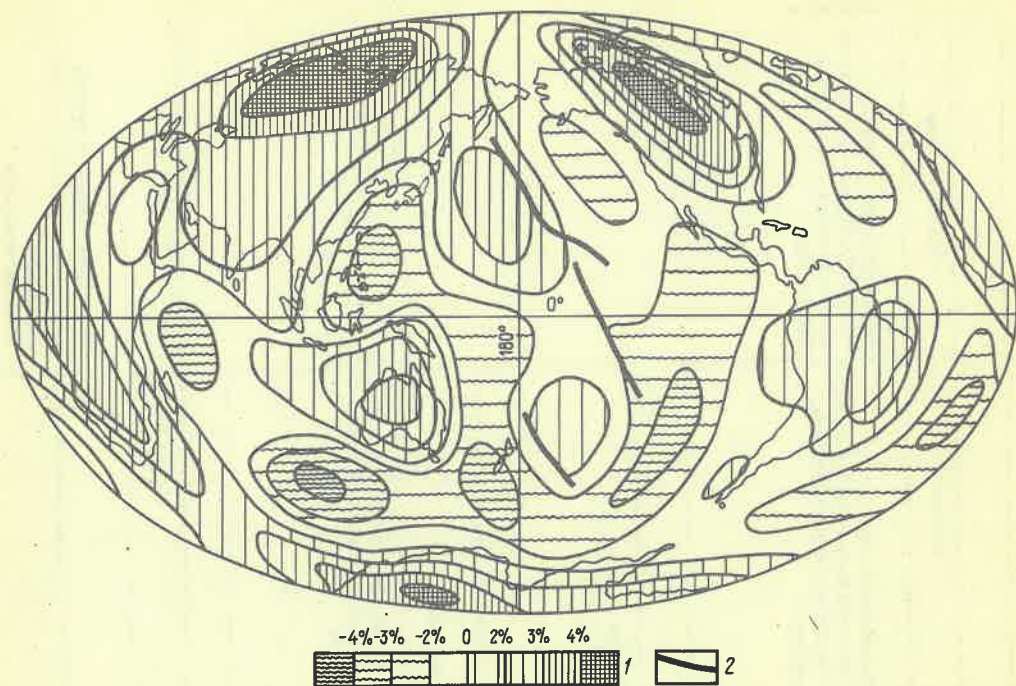


Рис. 3. Глобальные вариации скорости распространения поперечных волн на глубине 150 км (по Р. Олсону, Р. Сильверу, Р. Карлсону в соот-

ветствии с данными Дж. Вудхауза и А. Дзевански, 1984):

1 — шкала аномальных скоростей; 2 — Великий Гихоокеанский геораздел

вать новые их границы. В качестве глубинного механизма тектоники плит вместе с тепловой конвекцией участвуют гравитационные силы, воздействующие, что еще далеко не доказано, на субдуцированный край плиты в силу ее относительно высокой плотности из-за низкой температуры и фазовых превращений на определенных глубинах.

Иной подход следует из разработок А. В. Чекунова (1990), который считает, что крупные астенолиты, отделяющиеся от ядра, расходящиеся вверх латеральными струями в стороны и создающие тем самым океанические впадины со спредингом и рифтовыми хребтами, генерируют по периферии меньшего размера астенолиты окраинных морей и тыльных прогибов.

Итак, для современной геофизики и тектоники получена возможность представить в гипотетической форме глубинное обеспечение процессов, в различной степени отражающихся в коре и на поверхности планеты, что вызывает усложнение привычных тектонических понятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В. В. Тектоносфера Земли: взаимодействие верхней мантии и коры — М.: Межведомственный геофизический комитет, 1991.
2. Гетерогенность мантии и конвекция/Ю. М. Пушаровский, В. Л. Новиков, А. А. Савельев и др.//Геотектоника. 1989. № 5. С. 3—13.
3. Красный Л. И. Глобальная система геоблоков. — Л.: Недра, 1984.
4. Красный Л. И. Тектоника СССР и некоторые вопросы минерогенеза//Сов. геология. 1990. № 4. С. 58—72.
5. Красный Л. И. Тектоника на рубеже XIX—XX и XX—XXI веков. — Л.: Институт естествознания АН СССР, 1990.
6. Павлинов В. Н., Соколовский А. К. Структурная геология и геологическое картирование с основами геотектоники. — М.: Недра, 1990.
7. Тектоника и металлогения Восточно-Европейской платформы на основе геоблокового развития и активизации земной коры/Л. С. Галецкий, А. О. Шмидт, В. К. Титов и др.//Геологический журнал. 1990. № 2. С. 49—56.
8. Тектоническое расслаивание литосферы и региональные геологические исследования/Отв. ред. Ю. М. Пушаровский. — М.: Наука, 1990.
9. Унков В. А., Кутейников Е. Е. Тектоническая карта Евразии м-ба 1 : 10 000 000//Тез. докл. «Геодинамика, структура и металлогения складчатых сооружений юга Сибири. Новосибирск, 1991. С. 225—226.
10. Хаин В. Е., Божко Н. А. Историческая геотектоника. — М.: Недра, 1988.
11. Чекунов А. В. Тектогенез больших глубин//Геотектоника. 1991. № 3. С. 3—15.
12. Dover J. H. Problems of terrane terminology—causes and effects//Geology. 1990. Vol. 18 N 6. P. 487—488.
13. Olson P., Silver P. G., Carlson R. W. The large-scale structure of convection in the Earth's mantle//Nature. 1990. Vol. 344. P. 209—215.

Строение литосферы и мантии по структурно-геометрическим данным

В. В. СОЛОВЬЕВ

Фундаментальная проблема современности — происхождение, развитие Земли и ее внутренней структуры.

Во многих странах мира, включая СССР, приняты и осуществляются национальные программы изучения глубоких недр, успешно реализуются международные проекты геотраверсов, проводится сверхглубокое бурение [1]. Получение основной информации о внутреннем строении планеты, геометрии и физических параметрах неоднородностей земной коры и мантии — обеспечивается инструментальными геофизическими методами (сейсмическими, гравиметрическими, электроразведочными и др.). Однако отсутствие альтернативных подходов к расшифровке глубинных неоднородностей не исключает ошибочной интерпретации.

Обнадеживающие результаты получены при разработке во ВСЕГЕИ концепции структур центрального типа. Сама концепция и ее основные положения неоднократно публиковались и обсуждались в печати [В. В. Соловьев, 1972; 1978; 9; 10]. Поэтому остановимся лишь на обосновании возможности применения структурно-геометрических материалов для расшифровки строения земных недр.

Напомним, что термином «структуры центрального типа» обозначаются различные геологические структуры, имеющие округлые в плане очертания и радиально-концентрическое расположение каркасных элементов*. Тектонически они интерпретируются как сложные конические блоки, в вершинах которых (на глубине) располагаются энергогенерирующие очаги. Каркасные элементы, представленные нарушениями сплошности, обеспечивают единство внутренних дислокаций от очага до поверхности Земли. Признаки радиально-концентрической геометрии устойчиво сохраняются у всех представителей семейства центральных структур безотносительно к их генезису.

Концентрически-зональное распределение вещественных комплексов, сла-

гающих центральные формы, доступно для непосредственного наблюдения и картирования обычно на весьма ограниченных площадях (вулканические пояса, выступы древнего фундамента). Поэтому структуры центрального типа как особый класс структур долгое время практически не выделялся. Только в последние десятилетия в связи с широким внедрением в геологическую практику дистанционного зондирования стала очевидной повсеместность развития таких структур. Возникла задача создания непротиворечивой системы взглядов, объясняющих их специфику, что диктовалось и эмпирически доказанным рудоконтролирующим значением этих структур.

При обосновании использования геометрических параметров центральных объектов в целях расшифровки глубинного строения Земли наиболее существенны три положения концепции: 1) размеры структур пропорциональны геознергетической емкости продуцирующих их глубинных очагов; 2) соразмерность латеральных и вертикальных параметров структур; 3) приуроченность энергогенерирующих очагов к глубинным разделам коры и мантии.

Из первого положения следует глубинная природа практически всего семейства центральных структур, что отражается: в независимости их распространения от региональных геологических обстановок, типологическом радиально-концентрическом распределении каркасных элементов в пределах каждой структурной формы, закономерном взаиморасположении дочерних структур по отношению к материнским.

Осесимметричное расположение каркасных элементов, свойственное самым разнообразным генетическим группам центральных объектов, свидетельствует об единстве источника эндогенных сил, которые обусловили их возникновение. За такой источник в общем случае принимается импульсная разрядка энергии, происходящая из отдельных центров, находящихся на той или иной глубине от поверхности Земли. Именно при разрядке напряжений от отдельных глубинных очагов на земной поверхности об-

* В статье рассматриваются только эндогенные структуры.

разуется присущая рассматриваемым структурам радиально-концентрическая каркасная система.

Поскольку направленное движение энергии и вещества в поле земного тяготения описывается симметрией конуса (В. В. Соловьев, 1978), в качестве стандартной модели эндогенной центральной структуры принята коническая фигура. В пределах такой фигуры (от энергогенерирующего очага до поверхностной зоны) упорядоченно (осесимметрично) реализуются физико-химические и геологические процессы, обеспечивая парагенетическую связь геологических и тектонических образований во всем объеме структурной формы.

Данное положение наиболее важно в концепции структур центрального типа. Оно не только позволяет по информации, полученной по непосредственным наблюдениям и дистанционному зондированию приповерхностной зоны структур, прогнозировать размещение слагающих их геолого-тектонических неоднородностей на глубине, но и открывает путь для существенно нового подхода к анализу физико-геологических процессов Земли.

Речь идет о геозергетическом потенциале, энергетическом эквиваленте разнообразных геологических процессов, которые могут быть сопоставлены на единой основе в пределах однопорядковых систем центрального типа. Поскольку становление систем центрального типа связано с тепломассопереносом, происходящим по радиусовектору Земли от ее центра к поверхности, такого рода системы могут использоваться как индикаторы проявления внутрипланетной энергетики. Конечно, на современном уровне знаний в основном доступна качественная оценка явления, позволяющая судить об относительном энергетическом потенциале систем и их частей (более крупные системы и структуры, организующие большие объемы геологического пространства, обладают большим потенциалом и наоборот).

Второе положение — о пропорциональности латеральных и вертикальных размеров центральных объектов — является ключевым в разработке принципов и технологий применения структурно-геометрического подхода для расшифровки глубинного строения планеты и отдельных ее частей. Вопросы

соразмерности радиусов структур центрального типа и глубины залегания их корневых частей впервые рассматривались нами на Всесоюзном совещании по внутренней геодинамике в 1972 г. Эта идея получила затем признание в работах ряда исследователей (М. М. Василевский, Б. В. Ежов, О. Л. Кузнецов, В. В. Муравьев, С. Н. Рычагов, Г. И. Худяков и др.).

Однако само по себе доказательство связи размеров радиусов центральных структур (замеренных по поверхности земли) и глубины заложения структурных форм лишь создает предпосылки для исследования глубинных неоднородностей. Потребовалось выполнение большого объема работ по выяснению закономерностей пространственной позиции корневых частей разнорядковых структур центрального типа. Исследования осуществлялись по различным регионам с привлечением разнообразной информации: геологической, геохимической, петрофизической, и особенно геофизической. В частности, совместно с Н. К. Булиным была проведена структурно-геофизическая обработка двухсоткилометрового Байконурского сейсмического профиля, по которому отслежена позиция центральных структур до зоны надастеносферной мантии и подтверждена соразмерность их радиусов и глубины заложения.

Третье положение, о приуроченности энергогенерирующих очагов структур к глубинным границам Земли, получило обоснование при обработке материалов специализированных карт. Традиционно используемый во ВСЕГЕИ принцип картирования геологических объектов как основной способ познания природных процессов и в данном случае оказался весьма продуктивным. В институте была составлена карта центральных структур СССР м-ба 1 : 7 500 000 (1972). В 1977 г. издана первая карта морфоструктур центрального типа территории СССР м-ба 1 : 10 000 000 [4].

Статистическая обработка латеральных размеров нескольких тысяч центральных объектов этой карты и более крупномасштабных региональных специализированных карт позволила выявить важную закономерность: дискретность изменения параметров структур, измеренных по поверхности. По этому показателю установлено несколько групп объектов. Примечательно, что в

пределах каждой такой группы эволюция размеров входящих в нее структур происходит постепенно, хотя от сопредельных групп они отличаются весьма сильно. Средние размеры структур, выраженные через средний радиус, оказались хорошо сопоставимыми со средней глубиной границ раздела стандартной геофизической слоистой модели Земли [6]. Соответственно было получено не только подтверждение о соразмерности радиусов центральных структур с их вертикальными размерами, но и доказана приуроченность их корневых частей (энергогенерирующих очагов) к границам раздела физических сред в коре и мантии.

Этот вывод позволил осуществить систематику структур центрального типа, увязанную с геофизическими слоями, и окончательно доработать геодинамическую модель центральной структуры, включая формирование генераций дочерних форм за счет многоступенчатого теплопереноса по схеме «энергетического лифта» [В. В. Соловьев, 1978; 9]. Несколько позднее подтверждение связей корней мегаструктур с глубинными разделами было получено Б. В. Ежовым и Г. И. Худяковым и по другим континентам [2]. Соответственно появилась большая уверенность, что предложенная нами концепция и геодинамическая модель структуры центрального типа работают и в глобальном масштабе.

Процесс последовательного возникновения генераций промежуточных энергогенерирующих очагов, ответственных за образование дочерних форм в геодинамической системе центрального типа, гомологичен схеме развития небесных тел в космогонической концепции, разрабатываемой В. А. Амбарцумяном [7]. Согласно его представлениям, в результате Большого взрыва происходит формирование тел, выходящих на самостоятельные орбиты. Каждое такое тело после достижения критического состояния взрывается, передавая часть своего энергетического потенциала новообразованному телу, выведенному на самостоятельную орбиту. Последнее таким же образом порождает следующее тело, вращающееся по своей периферийной орбите и т. д.

Есть основание полагать, что основу направленного развития процессов и явлений как в галактике, так и на земле составляет перераспределение энергии.

Для Земли (и для планет Солнечной системы) этот процесс, по-видимому, осуществляется главным образом по схеме «энергетического лифта», реализующегося в ансамблях структур центрального типа. Принимая универсальность проявления энергетического поля, логично признать, что условной мерой геоэнергетического потенциала земных недр служат объемы структур (систем) центрального типа. Тогда сопряженные с корневыми частями однопорядковых структур глубинные разделы можно рассматривать как экvipотенциальные уровни (поверхности).

Если вся совокупность взглядов, образующих концепцию структур центрального типа, нацелена на совершенствование изучения приповерхностного геологического строения, то три ее изложенных положения открывают возможность для решения и обратной задачи: по измеренным на поверхности Земли элементам центральных структур определить глубину залегания их энергогенерирующих очагов и соответствующих границ раздела в земной коре и мантии.

Несмотря на кажущуюся простоту алгоритма претворение его в жизнь оказалось трудоемким и длительным. Нами и В. М. Рыжковой на протяжении нескольких лет отрабатывались методические приемы и способы, которые позволили реализовать на практике основную формулу соразмерности поверхности радиуса центральной структуры и глубины заложения ее энергогенерирующего очага ($R = H$). Потребовалась формализация геометрического описания объектов, точечная аппроксимация корневых частей структур, отказ (на стадии геометрических исчислений) от учета вещественно-генетических характеристик, разработка особого подхода к районированию изучаемых площадей и др. Проводились экспериментальные построения по отдельным региональным профилям, сопровождавшиеся обязательным согласованием с геофизическими данными, исследовались корреляционные связи с физическими полями и их параметрами [11, 12], отрабатывались возможности глубинного картирования границ раздела земной коры на отдельных полигонах [8]. Весьма полезными были неоднократные обсуждения проблемы с ведущими геофизиками ВСЕГЕИ и других организаций

(Н. К. Булиным, Д. М. Мильштейном, У. И. Моисеенко, А. С. Семеновым, А. А. Смысловым, А. В. Сорокиным, Ю. К. Шукиным).

Первой реализацией структурно-геометрического подхода было составление в 1981 г. глубинного профиля разреза, пересекающего Азиатскую часть СССР от Новой Земли до о-ва Кунашир [4], на котором отмечается наличие сложного рельефа и значительных латеральных изменений глубин залегания границ раздела как в земной коре, так и в верхней мантии (до отметок 125 км).

В последующие годы осуществлялись весьма трудоемкие работы по составлению карты рельефа подошвы литосферы СССР и сопредельных территорий м-ба 1 : 10 000 000, которая была издана в 1990 г. [5]. Помимо сбора обширного фактического материала разрабатывались наиболее рациональные способы создания специализированных структурных гистограмм, учитывающих региональный геотектонический режим, рассчитывались системы поправок в основную структурно-геометрическую формулу, отстраивались схемы разноранговых геоэнергетических систем, выбирались оптимальные приемы межрегиональной корреляции эквипотенциальных уровней и др.

Большое внимание было уделено сравнительному анализу макетов структурно-геометрических карт по отдельным полигонам с геофизическими картами этих же площадей. Для корректировки создаваемых структурно-геометрических методов использовалась самая разнообразная геофизическая информация, а также сведения о глубоким бурении. Интересные материалы, в частности, были получены при сравнении исчисленных нами границ в осадочно-метаморфическом слое Печенгской мульды с данными бурения Кольской сверхглубокой. Наименее глубоко залегающие разделы (до 3-х км) хорошо корреспондируются со сменой вещественного состава (вулканитов, филлитов и актинолитовых диабазов), более глубокая граница (7 км) выражена сменой фаций метаморфизма (эпидот-амфиболитовой на полиметаморфическую) и зонами катаклаза (7, 5, 10 км). В отличие от первоначально геофизического прогноза глубина залегания границы Конрада в Печенгской

мульде по структурно-геометрическим расчетам должна находиться на значительно больших отметках — в интервале 24—25 км.

Сравнение расчетно-геометрической и геофизической карт для раздела Мох юга Дальнего Востока выявило: значительное подобие в рисовке изолиний; близость или совпадение абсолютных значений мощности для 70 % площади, хотя иногда (отдельные зоны Нижнего Приамурья и Забайкалья) расхождения достигают нескольких километров; большую детальность структурно-геометрической карты, обеспеченной более густой и равномерной сетью точек отсчета.

Для более глубоких горизонтов литосферы геофизические карты практически отсутствуют. Сопоставлять материалы можно было лишь с данными сейсмопрофилей и электроразведки. По сейсмопрофилированию сходимость данных о глубинных границах превышает 60 %, а по магнитотеллурическому зондированию (Балтийский щит, Северо-Запад Русской платформы) — до 90 %.

По сравнению с упоминавшейся ранее картой морфоструктур рамки карты рельефа литосферы значительно расширены за счет прилегающих к Союзу акваторий и сопредельных площадей Скандинавии, Западной Европы, Ближнего и Дальнего Востока. Однако главное ее достоинство в том, что она, составленная по технологии, не имеющей аналогов в мировой практике, обеспечивает большую детальность изображения глубинных объектов (заложение изолиний для литосферы 1 км, для более глубокой мантии 10 и 20 км). Уместно подчеркнуть и высокую экономическую эффективность структурно-геометрической методики. Для составления подобной карты традиционными геофизическими приемами потребовались бы финансовые затраты на несколько порядков выше.

Необходимо остановиться еще на двух особенностях карты. Во-первых, это многоярусность изображения глубинного строения. Помимо основной карты в качестве более мелкомасштабных врезок на отдельном листе помещены карты подошв рельефа подлитосферных срезов — астеносферы и верхней мантии, а также подошвы земной коры юга Дальнего Востока в м-бе 1 : 10 000 000.

Во-вторых, — наличие скоррелированных глубинных моделей-колонок, раскрывающих строение коры и мантии для 28 регионов до глубин 900 км. Эта корреляционная схема имеет самостоятельное значение для усредненной региональной характеристики глубинного строения. В то же время она позволяет наметить некоторые общие тенденции структуры геосфер и раскрыть ранее неизвестные детали глубинного строения. К числу общих тенденций может быть отнесено увеличение амплитуд рельефа основных границ раздела по мере возрастания их глубинности. Для подошвы литосферы амплитуда глубин составляет 110 км, для астеносферного слоя — 150 км, а для раздела верхней и нижней мантии до 230 км. Вместе с тем дробность (структурная дифференцированность) разделов изменяется в обратном соотношении, увеличиваясь по мере приближения к земной коре.

Из существенно новых закономерностей, выявленных при анализе эквипотенциальных уровней, следует отметить дифференциацию астеносферы. Для всей закартированной площади устойчиво выделяются два слоя астеносферы — дифференцированный (верхний слой) и слабо дифференцированный. В зоне перехода континента к океану на Дальнем Востоке и прилегающих акваториях характерно появление в интервале глубин 330—470 км третьего слоя, названного нами «транзитальной астеносферой». Транзитальная астеносфера по мере удаления от островодужной зоны в сторону континента выклинивается, исчезая за пределами Верхояно-Колымского и Приохотско-Приморского регионов.

Наиболее существенная информация о строении литосферы содержится на основной карте. Отметим лишь генеральные черты структурных неоднородностей, отраженных на ней.

Сочетания в различной мере приподнятых и опущенных мантийных блоков, валов, замкнутых впадин, узких и протяженных желобов, а также крутосклонных (высокоградиентных) зон определяют общую структуру подошвы литосферы, которая располагается на глубинах от 45 до 156 км от поверхности Земли.

По стилю взаиморасположения наиболее приподнятых и опущенных площадей (соответственно с менее и более

мощной литосферой) можно выделить три крупнейших подразделения, условно названные Центральной, Юго-Восточной и Северо-Восточной глубинными провинциями.

Центральная провинция охватывает все платформенные области, а также альпийские и древние складчатые сооружения Казахстана и Средней Азии. Система виргирующих валов, в пределах которых подошва литосферы приподнята до отметок 90—105 км, ограничивает Сибирский, Балтийско-Новоземельский, Днепровско-Аральский и Черноморско-Кавказский литосферные блоки. Сибирский литосферный блок наиболее обширен по площади. Его внутреннюю структуру определяет распределение крупных впадин и поднятий. Среди впадин наиболее крупные Норильская (глубина до 132 км), Северо-Уральская (глубина 125—130 км), Омская (глубина 135 км). Менее глубокие (от 128 до 117 км), но крутосклонные трогии расположены на восточной и южной окраинах этого литосферного блока.

С контурами Иркутского амфитеатра совпадает замыкание небольшого прогиба, протягивающегося от устья Ангары к Байкалу. Площадь сплошного развития траппов Сибирской платформы близка по очертаниям контуру спокойного рельефа подошвы литосферы на глубине около 112 км. Относительно приподнятые участки подошвы литосферы отвечают Анабарскому щиту (отметки около 100 км) и Енисейскому кряжу (отметки 95—100 км).

Юго-Восточная провинция включает платформенную зону побережья Лены, Алтае-Саянскую область, Забайкалье, Северо-Восточный Китай, Алданский щит, Приохотье и юг советского Дальнего Востока. Алдано-Становой регион отрисовывается в рельефе подошвы литосферы изометричным прогибом с постепенным (от борта к центру) нарастанием глубин от 90 до 114 км. Китайская платформа фиксируется слабым мультобразным прогибанием поверхности подошвы (от 85 до 89 км).

Северо-Восточная провинция включает окраинно-материковую зону, Северо-Восток СССР и Таймыр. Эта провинция характеризуется наиболее приподнятым положением подошвы литосферы, рельеф которой отличается контрастным сочленением разноплановых элементов. Максимально прибли-

жена к земной поверхности (до 45—50 км) зона, отвечающая островодужной системе.

Вкрест простирания описанным структурам этой провинции расположено крупное поднятие подошвы литосферы (с отметками от 60 до 49 км). Оно контролирует складчатые и дизъюнктивные юрско-меловые дислокации, а также гранитоидный магматизм Иньяли-Дебинского синклиория и структуру Момского рифта.

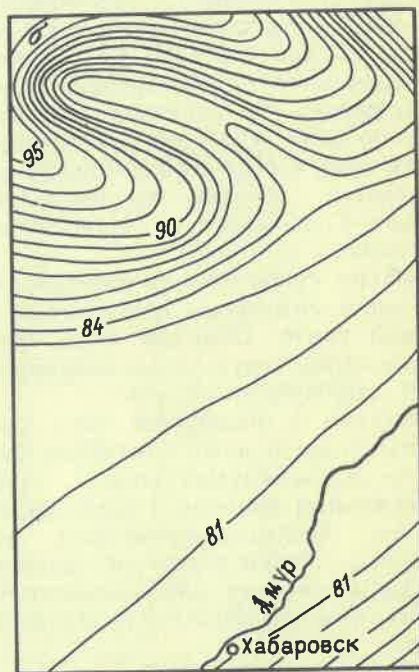
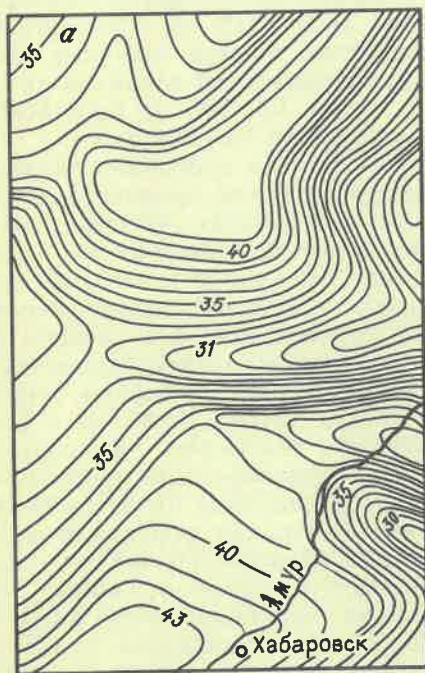
Упомянутые ранее врезки характеризуют структурный рельеф разнотермических границ основных разделов литосферы и мантии. Они дают возможность проследить изменение структурных планов территорий. В качестве примера приведены фрагменты карт для территории Амурско-Станового региона (рисунок). По ним можно судить как о частичной унаследованности, так и о перестройке структурной обстановки на границах Мохо и литосферы для одной и той же площади.

Осуществленный совместно с А. Д. Щегловым анализ минерагенической специализации структурных форм юго-востока СССР по разделу Мохоровичича позволил установить ряд интересных и важных в практическом отношении закономерностей. Была выявлена достаточно устойчи-

вая приуроченность к корово-мантийным структурам определенных рудных месторождений, источники минерального вещества которых, очевидно, связаны с существованием «рудных» неоднородностей в мантии. В частности, к отчетливо выраженному валу северо-западного простирания, занимающему секущее положение по отношению к приповерхностному структурному каркасу, приурочен Джидинский вольфрамоносный рудный район. Сходную позицию занимают Комсомольский и Кавалеровский рудные районы, располагающиеся над мантийными валами, ориентированными вкрест простирания складчатости в верхней части земной коры. С высокоградиентными зонами верхней мантии оказались сопряженными и кимберлитовые поля (Мирненское, Айхал, Далдын). С рядом других положительных структур мантии (валы, дипиры) связаны месторождения олова, вольфрама, молибдена, золота, ртути и алмазов.

Достаточно устойчивые связи структурных неоднородностей с минерагеническими зонами выявились и на более глубоком срезе — на уровне подошвы литосферы.

Так, к участкам высокого стояния астеносферы на Северо-Востоке СССР отчетливо тяготеют лейкобазальтовые



Карта структурного рельефа Амуро-Станового региона по подошвам земной коры (а) и литосферы (б): изолинии проведены через 1 км

формации на поверхности, с которыми связано золото-серебряное и медное оруденение. Сложно построенный и высоко приподнятый (до отметок 50—65 км) вал, протягивающийся от западного побережья Камчатки до устья Лены, корреспондируется с рудно-формационными зонами со свинцово-цинковой, оловянной и золото-сурьмяной специализацией.

Крупные медно-никелевые месторождения и соответствующие им рудные зоны оказались приуроченными к глубоко погруженным впадинам рельефа подошвы литосферы (Кольский полуостров, Норильский район).

Весьма интересны связи разных уровней залегания подошвы литосферы с горючими полезными ископаемыми. Основные газовые и газоконденсатные месторождения севера Западной Сибири располагаются над Таймырско-Ярославским астеносферным валом (отметки 104 км), а существенно нефтяные залежи приурочены к более погруженным мульдам.

Высокая детальность карты открывает возможность исследования поведения отдельных металлов в зависимости от изменения мощности литосферы, с выделением глубинных уровней их наибольшей концентрации (частоты встречаемости). Этот аспект может оказаться перспективным для разработки идей нелинейной металлогении [14, 15]. Например, для Сихотэ-Алиня намечается два таких рудопроизводящих уровня в интервалах 80—81 км (Sn, Au, W, Mo, Hg) и 86—87 км (Sn, Pb—Zn, Au). Для Забайкалья наибольшая концентрация металлов выделяется на участках с мощностью литосферы 76—77 км (Pb—Zn, Sn, W, Mo, Au, Hg) и 82—83 км (Pb—Zn, Au, Sn, Mo, Fe).

Данные структурно-геометрических исследований могут использоваться как для решения прикладных задач, так и для разработки теоретических проблем. В частности, с использованием этих данных разработан оригинальный подход к установлению делимости литосферы, на основании которого предложена новая схема тектонического районирования СССР [10].

Определенные перспективы открываются и для уточнения существующих представлений о строении Земли как о совокупности оболочек, концентрически облекающих ядро. К настоящему времени многочисленные геофизические материалы уже заставили отказаться от

первоначальной идеи о латеральной однородности границ раздела внутри земной коры и поверхности М. Вышеописанные амплитуды рельефа границ раздела, рассчитанные по структурно-геометрическим данным для 28 региональных моделей, свидетельствуют о весьма значительных отклонениях от общепринятых идеализированных концентрических границ Земли и на значительно большей глубине (до 900 км).

Для получения структурно-геометрических сведений о сверхглубинных неоднородностях была составлена обзорная карта глобальных геодинамических систем центрального типа [3]. На этой карте изображены три генерации глобальных систем центрального типа: протоструктурные системы I ранга и глобальные системы II и III рангов. Показательно, что геометрические центры крупнейших систем (протоокеанической и протоокеанической) расположены в экваториальной зоне земного шара. По некоторым космогоническим гипотезам [7, 13] образование планет Солнечной системы происходило за счет взрывов и периодических выбросов вещества в экваториальном поясе Солнца. Соответственно можно допустить, что пространственная позиция крупнейших структурных неоднородностей Земли определяется не только (и не столько!) особенностями ее внутреннего саморазвития, но и взаимодействием силовых полей Солнечной системы и галактики в целом. Тогда импульсное перераспределение энергетического потенциала приобретает значение ведущего фактора планетарного структурообразования. Были проведены расчеты по глобальным системам II и III рангов (с введением необходимых поправок за кривизну геоида) в целях определения глубины залегания границ верхней и нижней мантии, а также границы внешнего ядра Земли структурно-геометрическим методом.

В результате анализа глобального распространения эквипотенциальных границ внутри мантии оказалось, что отклонение уровней их залегания от идеальных сферических границ достигает 300 км, а внешнего ядра — 400 км. Если принимать во внимание эти данные, то модель разреза Земли должна быть уточнена за счет учета значительной деформированности основных глубинных геосфер. Гипотетично можно предположить некоторую асимметрию и неоднородность строения и внутреннего

ядра планеты, без чего трудно объяснить отмеченные отклонения от сферического абриса основных границ раздела.

Изложенные в статье материалы и соображения не претендуют на законченность и абсолютную достоверность. Однако попытка создания системы подходов для установления глубинной структуры Земли, которая могла бы выступить как альтернативная монополярным ортогеофизическим методам, должна получить дальнейшее развитие. Хотелось бы выразить надежду, что разработка структурно-геометрических аспектов изучения глубинного строения привлечет внимание исследователей и позволит уже в обозримом будущем перевести геологию в разряд точных наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Достижения и перспективы глубинных исследований Земли*/Е. А. Козловский, В. Ю. Зайченко, В. А. Ерохин и др.//Сов. геология. 1987. № 11. С. 4—20.
2. *Ежов Б. В., Худяков Г. И.* Морфотектоника геодинамических систем центрального типа. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984.
3. *Карта глобальных геодинамических систем центрального типа м-б 1:135 000 000*/Сост. В. М. Рыжкова, В. В. Соловьев. — Л.: ВСЕГЕИ, 1989.
4. *Карта морфоструктур центрального типа территории СССР м-ба 1:10 000 000*/Сост. В. М. Рыжкова, В. В. Соловьев. — Л.: ВСЕГЕИ, 1982.
5. *Карта рельефа подошвы литосферы СССР и сопредельных территорий м-ба 1:10 000 000*/Сост. В. М. Рыжкова, В. В. Соловьев. — Л.: ВСЕГЕИ, 1990.
6. *Моисеев Ф. С.* Основы глубинной геологии. — Л.: Недра, 1981.
7. *Проблемы современной космогенной*/Ред. В. А. Амбарцумян. — М.: Наука, 1972.
8. *Рыжкова В. М.* Геолого-морфологический анализ при детальном геологическом исследовании//Кайнозойский седиментогенез и структурная геоморфология СССР. Л., 1987. С. 97—104.
9. *Соловьев В. В.* Объяснительная записка к карте морфоструктур центрального типа территории СССР. — Л.: ВСЕГЕИ, 1982.
10. *Соловьев В. В.* Делимость литосферы и ее строение согласно концепции структур центрального типа//Геологическое строение СССР. — Л., 1989. Т. 10. Кн. 1. С. 312—320.
11. *Соловьев В. В., Рыжкова В. М.* Структуры центрального типа и геофизические поля//Вопросы нелинейной геофизики. М., 1981. С. 52—58.
12. *Соловьев В. В., Рыжкова В. М.* Морфоструктурный метод изучения глубинного строения литосферы//Структуры земной коры континентов и океанов. Л., 1983. Т. 77. Вып. 2. С. 25—33.
13. *Шерманов Б. Ф.* О природе сил, двигающих материки//Сов. геология. 1990. № 9. С. 100—106.
14. *Щеглов А. Д.* Основные проблемы современной металлогении. Вопросы теории и практики. — Л.: Недра, 1987.
15. *Щеглов А. Д.* Эндогенная металлогения и тектоносфера//Геотектоника. 1990. № 5. С. 9—16.

УДК 551.24

© И. И. Абрамович, 1992

Проблемы сравнительной субдуктологии

И. И. Абрамович

Без преувеличения можно сказать, что изучение процессов, протекающих в зонах субдукции, — нерв современной теоретической геологии. Данные процессы чрезвычайно сложны и в большинстве своем недоступны для непосредственного наблюдения. Следствия этих процессов выражаются в парадоксальном сочетании, на первый взгляд, несовместимых явлений. Так, сжатие — естественное следствие конвергенции литосферных плит — сопровождается существованием растяжением, а погружение холодной литосферной пластины приводит к интенсивному разогреву перекрывающей плиты.

Процессы в зонах субдукции включают генетически или парагенетически связанные проявления магматизма, сейсмичности и различных структурных

преобразований ранее сформированных геологических комплексов. Их изучение требует усилий специалистов разного профиля — геологов, геофизиков, геохимиков, объединенных общностью объекта исследований и результирующими генетическими моделями процесса. Не случайно поэтому рассматриваемая область теоретической геологии в последнее время названа субдуктологией. Прикладные аспекты субдуктологии разнообразны, вплоть до задач субдукционного мониторинга (С. М. Сапрыгин, 1990).

Сейчас есть основания выделять общую субдуктологию, ориентированную на моделирование геодинамического процесса, а точнее системы процессов в зонах субдукции; региональную субдуктоло-

гию, занимающуюся расшифровкой истории тектонического развития конкретных зон субдукции; сравнительную субдуктологию, конечная задача которой — выяснение природы наблюдаемого разнообразия современных зон и палеозон субдукции, построение их систематики. Важность субдуктологических исследований определяется тем, что они дают ключ к пониманию строения и истории развития горно-складчатых областей, без чего, очевидно, невозможно подлинно научная оценка минерально-сырьевого потенциала территории. Около десяти лет назад С. Уеда опубликовал «введение в сравнительную субдуктологию» [8]. В этой работе автор попытался свести разнообразие современных зон субдукции в единый ряд, крайними членами которого является чилийский тип, где преобладает сжатие, и марианский, которому свойственно растяжение. Позднее было опубликовано множество статей, отражающих результаты исследований, в т. ч. выполнявшихся в рамках международных программ. К настоящему времени сведения о разнообразии зон субдукции существенно расширились — исследователи учитывают десятки их характеристик и соответственно сотни корреляционных связей между ними [7].

Перед тем как перейти к рассмотрению теоретических проблем заметим, что и при изучении эмпирического материала сравнительная субдуктология сталкивается со значительными трудностями. Дело в том, что Природа, как правило, не обеспечивает полноту статистического эксперимента. Иначе говоря, на основании имеющегося фактического материала трудно провести корректный дисперсионный анализ, который позволил бы количественно оценить влияние тех или иных природных факторов. Так, с западной окраиной Тихого океана связаны многочисленные примеры субдуцирования относительно древней, а следовательно, мощной, плотной и холодной океанической литосферы в условиях фиксированного (квазификсированного) края перекрывающей плиты. Восточная окраина этого бассейна характеризуется быстрым встречным движением перекрывающей плиты и молодым возрастом субдуцируемой океанической литосферы. Природа, однако, «не позаботилась» о функциони-

ровании в современную эпоху таких зон субдукции, где бы интенсивное встречное движение перекрывающей плиты сочеталось с поглощением древней литосферы и наоборот. Поскольку исследователя интересует количественная оценка влияния ряда других параметров субдукционного процесса (количество субдуцируемых осадков, физическое состояние глубин и т. п.), технические трудности, о которых говорилось выше, становятся поистине впечатляющими.

Влияние кинематических параметров конвергирующих плит. Скорость сходящихся литосферных плит — важнейший параметр субдукционного процесса. Наблюдается прямая статистически значимая корреляционная связь между относительной скоростью конвергенции и другими индикаторами тектонической активности — сейсмичностью, глубиной желоба, интенсивностью вулканизма и т. п. [3]. Не единственные исключения из этой закономерности — высокая скорость и относительно низкая сейсмичность или даже полная асейсмичность, как в Япской дуге, позволяют считать, что, по крайней мере, для некоторых геодинамических процессов в зонах субдукции скорость сходящихся плит является необходимым, но не единственным существенным фактором. Вопрос о том, какие именно факторы и в каком сочетании комплементарны относительной скорости конвергенции, ждет теоретического решения или хотя бы статистического обоснования на эмпирическом материале. Одни исследователи (Д. Дьюи, 1973) существенную роль отводят возрасту субдуцируемой плиты и некоторым другим характеристикам, влияющим на ее плавучесть, другие (С. Уеда [8]) — встречному движению перекрывающей плиты, полагая, что энергичное перемещение ее в сторону океана ведет к возрастанию тектонического стресса, увеличению сцепления литосферных плит, повышению сейсмичности и т. п. Обычная при этом ссылка на Чилийско-Перуанскую зону субдукции, где все указанные феномены ярко проявлены, представляется не вполне корректной, поскольку данный регион выделяется также по многим другим параметрам, т. е. быстрое встречное движение перекрывающей плиты не реализуется здесь «при прочих равных условиях».

Выяснение роли встречного движения

перекрывающей плиты составляет особую проблему. В тектоническом отношении вариации скоростей конвергирующих плит не эквивалентны. В этом автора убедил статистический анализ «абсолютных» (относительно системы горячих точек) скоростей плит, а также других параметров, характерных для современных зон субдукции [2]. Оказалось, что коэффициенты корреляции абсолютной скорости субдуцируемой плиты и относительной скорости близки по величине и идентичны по знаку. Вместе с тем корреляционные связи скорости перекрывающей плиты диаметрально противоположны. Возрастание скорости встречного движения ведет к снижению уровня сейсмичности, обмелению желоба, уменьшению плотности расположения действующих вулканов на дуге и другим подобным эффектам.

Объяснение этому парадоксу было дано с учетом влияния реологического состояния подастеносферной мантии, которое во многом определяет условия глубинного тепломассопереноса в зонах субдукции [1]. В соответствии с «принципом ограниченной емкости подастеносферной мантии» по мере аккумуляции в ней холодного и вязкого вещества океанической литосферы в зонах субдукции возрастает тектонический стресс, сопровождаемый повышенной сейсмичностью и более энергичными вулканическими извержениями. В итоге процесс субдуцирования в данном месте может полностью прекратиться. Этот механизм, возможно, приводит к скачкообразным перемещениям зоны субдукции при фиксированном положении перекрывающей плиты. Если же последняя движется в сторону океана, постепенно смещая область аккумуляции литосферного материала, процесс субдукции приобретает квазистационарный характер, при котором вариации тектонического стресса и сопровождающих его явлений зависят только от неоднородностей океанической литосферы.

Вариации сейсмичности. Особенности выделения упругой энергии в современных зонах субдукции систематически изучаются в разных аспектах. Интерес представляют закономерности распределения очагов землетрясений по глубине, характер сейсмогенерирующих напряжений и связь сейсмичности с другими индикаторами геодинамиче-

ских процессов. Специалисты могут опираться на каталоги землетрясений, учитывающие пространственно-временное распределение событий разной магнитуды, на результаты расшифровки механизмов очагов землетрясений, а также на данные теоретических и экспериментальных исследований поведения вещества в условиях высоких температур и давлений. Сегодня мы знаем о строении сейсмофокальных зон значительно больше, чем 10—15 лет назад. Тем не менее многие существенные вопросы остаются неясными, дискуссионными.

Вскоре после получения первых оценок кинематических параметров литосферных плит А. Сугимура (1973) была установлена положительная корреляционная связь сейсмичности с относительной скоростью сходящихся плит и глубиной желоба, что естественным образом следовало из базовых моделей процесса субдукции. Позднее была показана полярность корреляционных связей сейсмичности со скоростями субдуцируемой и перекрывающей плит [2]. Это обстоятельство заставляет при выяснении природы сейсмичности принимать во внимание более широкий круг явлений, изменяющих физическое состояние глубин в зонах субдукции.

Не до конца ясны причины проявления высокомагнитудных землетрясений лишь в некоторых зонах субдукции, хотя с учетом положительной корреляции магнитуды со скоростью субдукции и отрицательной с возрастом погружающегося сляба, по мнению американских сейсмологов (Л. Рафф, Х. Канамори, 1980), можно предположить в качестве определяющего фактора степень сцепления конвергирующих плит. В целом это заключение не вызывает сомнений, хотя, вероятно, на сцепление плит воздействуют не только указанные параметры, но и реология среды, зависящая от температурного режима. Прямым подтверждением последнего может служить отрицательная корреляция сейсмичности с индикатором глубинного разогрева — вертикальной составляющей недипольной и недрейфующей компоненты магнитного поля [6]. На сцепление плит и, следовательно, на сейсмичность может влиять также количество поглощаемых осадков (Л. Рафф, 1989).

Для сравнительной субдуктологии представляет интерес соотношение вулканизма и сейсмичности. На первый взгляд может показаться, что корреляционная и генетическая (парагенетическая) связь между этими явлениями отсутствует, поскольку наряду с зонами субдукции, в которых вулканизм сопровождается сейсмичностью, известны такие, где при высокой сейсмичности вулканизм полностью отсутствует, а также авулканичные и асейсмичные структуры, среди которых особо выделяются псевдосубдукционные зоны (Д. Стефан, 1986). Для объяснения наблюдаемого разнообразия предлагаются разные варианты генетических схем [6], в т. ч. схема влияния реологии подастеносферного субстрата [1].

По сравнению с характеристиками общей сейсмичности значительно более информативны данные о типе сейсмогенерирующих напряжений. Хотя происхождение сейсмогенерирующих напряжений не вполне ясно (термическое расширение вещества, оливин-шпинелевые и другие фазовые переходы*), есть основание предполагать, что именно эти явления определяют возникновение двойных сейсмофокальных зон, подобных зафиксированным в Японии, на Алеутах (К. Гото, 1985). Также очевидна опосредованная связь сейсмогенерирующих напряжений с интенсивностью поступления литосферного материала и реологическими условиями его поглощения (перераспределения) [1]. Отсюда следует, в частности, их связь и с условиями магмогенеза, что отражается на вариациях химического состава вулканических излияний. Особого внимания заслуживает изучение соотношения петрохимического состава и сейсмогенерирующих напряжений на разных глубинах. Отправной точкой в этом плане служит установление отчетливой корреляционной связи интенсивности вулканизма и некоторых его петро-

химических характеристик с сжимающими напряжениями в интервале глубин 250—350 км при отсутствии какой бы то ни было связи на больших и меньших глубинах [3]. Возникает предположение о соответствии именно этого горизонта мантии области генерации магмы.

К числу нерешенных проблем относится оценка глубины погружения океанической литосферы**. Сведения о предельной глубине очагов землетрясений (670—700 км) свидетельствуют либо о качественном изменении реологии погружающейся пластины — она становится пластичной (М. Вортель, Н. Влаар, 1989), либо о существовании барьера, за пределами которого прекращаются химические и фазовые переходы, или о двуслойном характере мантийной конвекции, при котором океаническая литосфера распределяется только в верхней мантии (М. Васильев, Б. Хэйджер, 1989). Последнему, однако, противоречат сейсмические данные, указывающие на проникновение слоев в нижнюю мантию (К. Кригер, Т. Жордан, 1986). В частности, фрагменты плиты Фаралон регистрируются в пределах западной окраины Северной Америки на глубине 1200—1600 км (Д. Видейл, 1980).

Важную роль в систематике зон субдукции С. Уеда отводит углу наклона литосферного слоя, фиксируемого глубокофокусными землетрясениями. При этом он полагает, что субдуцирование начинается с пологого погружения слоя***, которое со временем становится все более крутым. Этот вывод представляется крайне спорным, т. к. он не опирается на фактический материал (не обоснован с помощью эргодического принципа) и не подкреплен теоретическими соображениями. Как отмечалось ранее [1, 6], определяющее влияние на угол наклона наряду с возрастом погружающейся пластины оказывает реологическое состояние среды. По мере аккумуляции холодного и вязкого литосферного материала в зоне субдукции при прочих равных условиях ее крутое погружение сменяется пологим вплоть до субго-

* Границы фазовых превращений в пластине и окружающей мантии расположены на разных глубинах. А. Е. Рингвуд (1976) считает, что они глубже в пластине, т. к. температура здесь ниже, однако сейсмологические наблюдения свидетельствуют об обратном (С. Соломон, 1975). Последнее объясняется более высоким давлением в пластине. В разных зонах субдукции влияние одного из названных факторов может превалировать, что вносит дополнительное разнообразие в общую картину сейсмичности.

** Нами не рассматривается начальная стадия субдукции — период проникновения пластины в верхние горизонты мантии.

*** Здесь и далее имеются в виду углы наклона нижней части зоны Беньофа.

горизонтального. Последнее реализуется при сочетании относительно холодной подастеносферной мантии с высокой плавучестью молодой и горячей океанической литосферы. Именно такое сочетание наблюдается в пределах Чилийских и Перуанских Анд. Мнение С. Уеда об эволюционной природе упоминавшегося ряда чилийских типов — марианский тип не разделяется многими специалистами. Различные взгляды на причины неодинаковой конфигурации сейсмофокальных плоскостей рассмотрены в работе [6]. В последних публикациях при обсуждении этого вопроса все большее значение придается реологическому состоянию глубин.

Внимание сейсмологов привлекает неравномерное распределение фокусов землетрясений по падению зоны Бенъофа. Особый интерес вызывают участки ослабленной сейсмичности или полностью асейсмические интервалы — «зоны молчания». В некоторых случаях сейсмологи трактуют их как признаки разрыва сляба. Более того, при скрупулезных сейсмологических исследованиях одними специалистами выявляются признаки взаимодействия обломков пластины на больших глубинах, например, в районе Новых Гебрид (В. Ханус, Я. Ванек, 1981). Другие специалисты считают, что фрагменты литосферных плит, погружаясь автономно, могут формировать независимые вулканические пояса (П. Бэлэнс, 1976). В большинстве случаев, однако, есть основание полагать, что асейсмический интервал фиксирует положение астеносферного канала, пересекемого слябом [6]. Таким образом, мы вновь возвращаемся к представлениям о связи сейсмичности с силами сцепления литосферных плит, неодинаковыми на разных глубинах.

Аккреция или эрозия. Обильную пищу для размышлений дает сравнительное изучение процессов, происходящих в глубоководном желобе и на переднем крае перекрывающей плиты. В одних зонах субдукции в результате тектонической аккреции формируется широкая (до 200 км в поперечнике) призма осадочных пород (Малые Антильские острова, Юго-Западная Япония), в других — такие образования отсутствуют, и есть основание предполагать их полное поглощение в процессе субдукции или тектониче-

скую эрозию подошвы перекрывающей плиты (Марианы).

Аккреционные призмы установлены и генетически осмыслены уже на первом этапе становления идей тектоники плит. Интересными, в частности, были попытки теоретически показать зависимость судьбы океанических осадков (аккрезирование — поглощение) от их мощности (О. Г. Сорохтин, Л. И. Лобковский, 1976). С начала 80-х годов внимание тектонистов привлекали процессы субдукционной эрозии, поднятия и прогибания переднего края перекрывающей плиты, способствующие выводу на земную поверхность глубинных метаморфических пород, смешивания и включения осадков склона и шельфа в тектонически аккрецированные массы — субдукционный книндинг (Kneading), изучавшийся американскими специалистами (Д. Шолл и др., 1980)*.

По мнению С. Уеды, процессы тектонической аккреции свойственны чилийскому типу зон субдукции, где преобладает тектоническое сжатие, а эрозии — марианскому, характеризующемуся растяжением [8]. Однако, как известно, в пределах чилийского тектонотипа аккреционный процесс не наблюдается, зато отчетливо проявлена эрозия.

В настоящее время представления о механизме аккрецирования существенно уточнены, выявлены примеры отклонения от некогда общепринятой схемы Р. Силли, показаны роль дуплексов, влияние клиновидного вязкого слоя в основании переднего края перекрывающей плиты на перемешивание осадков [4]. В рамках международного проекта Кайко и при последующих исследованиях в разных регионах детально изучены процессы субдуцирования подводных гор, сопровождаемые ускоренной эрозией подошвы литосферы (С. Лаллеманд, К. Лепишон, 1987; У. Макканн, Р. Хаберман, 1989). Установлено, что даже в пределах одного желоба субдукционная аккреция постепенно сменяется субдукционной эрозией (Е. Хонза и др., 1989).

Каковы же причины преобладания

* Выделять книнговые комплексы пород, вероятно, имеет смысл, когда «работает» бульдозерная схема аккреции. В противном случае можно говорить лишь об образованиях, отвечающих разным стадиям накопления и изменения склоновых отложений.

того или иного процесса? Одни исследователи ищут ответ в геометрических особенностях поперечного профиля зоны субдукции (Т. Чарльстон, 1988), другие определяющую роль отводят задуговому спредингу (Е. Хонза и др., 1989). Высказывается мнение, что указанные процессы могут протекать одновременно на разных глубинах. Вероятно, мы все еще не приблизились к удовлетворительному решению этой проблемы [4, 5, 6].

Соотношение задугового спрединга и островодужного вулканизма. Ниже рассматривается наиболее сложная проблема сравнительной субдуктологии, точнее, пакет проблем, требующих взаимосогласованного решения. Среди них проблема островодужного магматизма, распадающаяся на ряд нерешенных вопросов, касающихся формирования андезитовых ассоциаций, петрологической зональности и механизмов, контролирующих интенсивность вулканической деятельности. Весьма перспективен подход, учитывающий избыточное сверххлестостатическое давление, столь характерное для зон субдукции [3].

Особая проблема — теоретическое моделирование глубинного тепломассопереноса, определяющего сопряженное функционирование субдукции и спрединговых центров. Несколько разнообразных аспектов имеет проблема структурных преобразований и условий фиксации (захоронения) геологических комплексов, возникающих в процессе эволюции системы дуга — задуговой бассейн; сюда же входит проблема становления офиолитовых ассоциаций.

В. Н. Пучков в 1964 г., вероятно, одним из первых высказал мнение об образовании окраинных морей на востоке Евразии в результате раскола и раздвижения континентальных масс. В литературе же обычно упоминается лишь Д. Карига (1971), предположивший, что вторичный (задуговой) спрединг индуцирован всплывающим диапиром. На протяжении 20 лет окраинные моря спредингового происхождения и ограничивающие их островные дуги интенсивно и всесторонне изучаются разными специалистами. Тем не менее причины возникновения задугового и внутридугового растяжения не вполне ясны. Одни исследователи продолжают развивать идею Д. Карига (А. Крауфорд и др., 1981), другие,

вслед за Д. Маккензи (1969), отдают предпочтение вынужденной конвекции. Попутно заметим, что всплывающий диапир вполне допустимо рассматривать как форму проявления мантийной конвекции. К. Хэзе (1978), П. Молнар, Т. Отуотер (1978), Д. Дьюи (1980), А. С. Монин, О. Г. Сорохтин (1983) учитывают в своих построениях кинематические параметры взаимодействующих плит. С этих позиций, в частности, объясняют тектоническую диссимметрию Тихоокеанского кольца — активных окраин континента в восточной его части и гирлянд островных дуг в западной.

Ценнейший материал получен в последние годы при систематическом изучении структур Филиппинского моря. Здесь исследователи, восстановив последовательность геологических событий на протяжении 50 млн лет, выявили трехкратное повторение одной и той же картины: активное функционирование островной дуги, ее раскол с формированием спредингового бассейна, постепенное отмирание и погружение тыловой части дуги, затухание спрединга и одновременная активизация новой дуги (фронтальной части расколовшейся), выдвинутой в сторону океана (А. Крауфорд и др., 1981; Л. Беккалува, Г. Церри, 1988). Таким образом, установлена асинхронность задугового и островодужного магматизма. «Запаздывание» задугового спрединга обычно связывается с затратами времени на прогрев тылов дуги мантийным апвеллингом (М. Токсоц, 1977, 1980).

Совокупность известных к настоящему времени фактов свидетельствует о том, что разнообразие и последовательность событий, происходящих в системе дуга — задуговой бассейн, контролируются не только спецификой процесса субдукции, возрастом и морфологией погружающейся пластины, но и соотношением скоростей взаимодействующих плит, а также особенностями мантийных течений — глобальных и локальных (вынужденных). О роли названных факторов и их возможном взаимодействии существуют разные точки зрения. В особенности это относится к встречному движению перекрывающей плиты и эффектам, связанным с «заякориванием» сляба, о чем позволяют судить «глиняные модели» А. И. Шеменды (1989).

Уязвимым местом упомянутых теоретических построений являются трудности с объяснением контаминированности задуговых базальтоидов продуктами дегидратации сляба — крупноионными литофильными элементами, типичными для всех разновидностей островодужных пород. В особенности это касается бонинитов, знаменующих начала спредингового вулканизма. Слабым местом предложенных генетических схем можно считать также игнорирование того обстоятельства, что задуговой и внутридуговой центры растяжения, по существу, вписываются в единую петрологическую зональность островных дуг. В связи с этим следовало бы говорить о некоем механизме, управляющем сопряженным функционированием дуговой и задуговой магмогенерирующих систем. Не противоречат, но и не объяснены с рассматриваемых позиций некоторые особенности латеральной физической неоднородности мантии, регистрируемые сейсмическими методами. В частности, имеются в виду области повышенного затухания сейсмических волн — аномалии добротности, выявленные в тылах ряда островных дуг на глубине 200—350 км. Предполагается, что подобные аномалии обусловлены повышенным разогревом пород и увеличением содержания в них расплавленной фазы. Анализируя особенности пространственного распределения аномалий добротности, М. Баразанги, У. Пеннингтон и Б. Айзекс (1975) не установили какую-либо связь их с другими особенностями островодужных систем.

Все изложенное стимулирует обратиться к построениям, развивавшимся автором статьи совместно с И. Г. Клушиным и другими исследователями [1—3, 6]. В этих построениях учитываются вертикальная и латеральная реологическая неоднородность мантии, изменение условий перераспределения материала океанической литосферы в процессе субдукции, возможность эффективного перемещения расплавов и флюидов по астеносферному каналу, что обуславливает геохимическую неоднородность плавящегося субстрата, а также зональность в PT -условиях магмогенеза. Петрологическая зональность островных дуг объяснялась с помощью модели мантийного термобарического сепаратора, со-

гласно которой в астеносферном канале под воздействием градиентных полей реализуется встречный транзит химических компонентов, связанных с флюидной фазой. Можно полагать, что этот же механизм приводит к аккумуляции в тылах островной дуги расплавов, обогащенных флюидной фазой, что вызывает термическую эрозию подошвы литосферы, ее утонение и в итоге раскол. Затем в процесс постепенно вовлекается вещество более глубоких горизонтов мантии, что стимулируется вынужденной конвекцией. С этих позиций становится понятной контаминированность задуговых базальтоидов в особенности предваряющих их бонинитов литофильными элементами, поставляемыми в зону субдукции.

Нетрудно представить, что связь осей вторичного спрединга с зонами субдукции при прочих равных условиях зависит от состояния астеносферного канала и прежде всего от его разогретости и контрастности. Судя по четкости асейсмических интервалов в зоне Беньофа именно такими особенностями отличаются островодужные системы, в тылах которых установлены аномалии добротности. Термическая контрастность астеносферного канала обеспечивает вертикальную фокусировку астеносферного потока, быструю активизацию тылов островных дуг, их раскол и развитие спрединговых бассейнов.

Перечисленные проблемы требуют совместного взаимосогласованного решения при, по возможности, полном учете комплексной геологической, геофизической и геохимической информации, обуславливающей объективные ограничения в модельных построениях. Крайне перспективно привлечение к теоретическим построениям данных о латеральной реологической неоднородности верхней мантии, астеносферном канале как о процессоре, обеспечивающем эффективное перераспределение подвижных компонентов в пределах системы дуга — задуговое пространство.

Теоретический базис сравнительной субдуктологии позволяет предполагать, что будущие классификации зон субдукции должны отражать соизмеримое влияние различных факторов глубинного тепломассопереноса. При этом основные характеристики конвер-

гентных границ литосферных плит, определяющие их разнообразие, окажутся логически выводимыми следствиями геодинамических моделей.

Проблемы сравнительной субдуктологии могут рассматриваться в числе первоочередных проблем теоретической геологии. Успешное их решение будет способствовать глубокому пониманию природы важнейших геологических процессов, а следовательно, и реализации практической задачи науки — получения надежной оценки рудного потенциала территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамович И. И.* Принцип ограниченной емкости подастеносферной мантии//Докл. АН СССР. 1990. Т. 310. № 5. С. 1184—1187.
2. *Абрамович И. И.* Тектоно-магматические следствия «абсолютных» движений литосферных плит//Тр. ВСЕГЕИ. 1982. Т. 304. С. 77—85.
3. *Абрамович И. И., Клушин И. Г.* Петрохимия и глубинное строение Земли. — Л.: Недра, 1978.
4. *Добрецов Н. Л., Кирдяшкин А. Г.* Динамика зон субдукции: модели формирования аккреционного клина и подъема глаукофановых сланцев и эклогитов//Геология и геофизика. 1991. № 3. С. 4—20.
5. *Романовский С. И.* Субдукция (седиментологический контроль)//Геотектоника. 1988. № 2. С. 92—101.
6. *Современные идеи теоретической геологии/И. И. Абрамович, В. В. Груза, И. Г. Клушин и др.* — Л.: Недра, 1984.
7. *Jarvis R. D.* Relations among subduction parameters//Rev. Geoph. 1986. Vol. 24. P. 217—284.
8. *Uyeda S.* Subduction zones: an introduction to comparative subductology//Tectonophysics 1981. Vol. 81. N 3—4. P. 133—159.

Металлогения и полезные ископаемые

УДК 553.078

© А. Д. Шеглов, В. М. Терентьев, К. А. Марков, 1992

Проблемы и концепция прогнозно-металлогенических исследований

А. Д. ШЕГЛОВ, В. М. ТЕРЕНТЬЕВ, К. А. МАРКОВ

Эффективное развитие любой экономической системы возможно только в условиях обеспеченности минеральными ресурсами, подготовленными к рентабельному извлечению из недр с соблюдением всех экономических и экологических требований. Нельзя приостановить даже на короткий срок работы геологоразведочного цикла без серьезного ущерба (или кризиса) для экономики страны. Поэтому в современных условиях перехода страны к рыночным отношениям перед геологической службой стоят сложные и ответственные задачи по переоценке и развитию известных горнорудных районов и выявлению потенциальных возможностей открытия новых месторождений.

Круг этих задач предусматривает в первую очередь усиление работ в районах действующих предприятий горнодобывающего комплекса, создание резерва месторождений с более высококачественными и технологичными рудами, открытие новых рудных районов на экономически благоприятных площадях и улучшение географического разме-

щения запасов отдельных видов минерального сырья. Особое значение для реализации этих задач имеет опережающее развитие прогнозных металлогенических исследований, базирующихся на новейших достижениях металлогении, геохимии, картографии, других геологических наук с учетом всего ранее накопленного опыта.

Цель металлогенических и прогнозно-металлогенических исследований — выявить закономерности размещения и формирования месторождений полезных ископаемых в пространстве и во времени, выделить перспективные рудоносные площади различного ранга с оценкой их металлогенического потенциала и прогнозных ресурсов, обосновать эффективные направления геологоразведочных работ.

Главный метод таких исследований — комплексный анализ характерных особенностей геологического развития рудоносных и потенциально рудоносных территорий, включающий установление связей геологических и рудных формаций, изучение тектоничес-

ких режимов их формирования, глубинного строения тектоносферы и всей совокупности геохимических, космоаэрогеофизических, геоморфологических и других данных, а также сравнительное изучение месторождений в целях их классификации и выделения наиболее перспективных промышленных типов.

Один из наиболее эффективных способов показа выявленных закономерностей — графическое отображение их в виде металлогенических и прогнозных карт разных масштабов.

Работы по составлению металлогенических карт — это особый вид исследований, требующий от специалистов глубоких и специальных знаний в различных областях геологических наук, и прежде всего в области геологии месторождений полезных ископаемых. Данные работы не могут отождествляться с составлением карт закономерностей размещения месторождений, входящих в комплект полистных карт государственных геологических съемок м-ов 1 : 1 000 000, 1 : 200 000 и 1 : 50 000 и являющихся в основном итогом общих поисков. Металлогенические карты составляются для целостных геологических структур и должны отличаться глубиной проработки специальных вопросов.

Еще в 1947 г. один из основоположников советской металлогенической школы Ю. А. Билибин подчеркивал государственное значение металлогенических исследований, в особенности металлогенического картирования, которые, по его мнению, не должны являться объектом всякого рода эпизодических работ, выполненных различными организациями, в разное время, с различными целевыми установками, различными методами и т. д., а это должны быть постоянно выполняемые систематические работы, подобные тем, которые ведутся по составлению государственных геологических карт. Он считал, что только при этом условии такие исследования могут быть кондиционными и достигнут цели. К сожалению, и спустя десятилетия после высказанных соображений систематичности в проведении металлогенических исследований в стране нет. Они ведутся часто спонтанно, преследуя разные цели. Отсутствует единая программа этих работ. Поэтому актуальными задачами в настоящее время являются раз-

работка единой концепции развития прогнозно-металлогенических исследований, определение приоритетных направлений и создание взаимосвязанной их системы.

История металлогенических исследований, основоположниками которых были Ю. А. Билибин и С. С. Смирнов, охватывает несколько десятилетий и во многом неразрывно связана с деятельностью ВСЕГЕИ.

Крупный вклад в развитие металлогении, в особенности на ранних этапах ее становления, внесли В. И. Смирнов (1962), Г. А. Твалчредидзе (1967), И. Г. Магакьян (1974), А. И. Семенов (1967), К. И. Сатпаев (1957), В. А. Кузнецов (1962), Е. А. Радкевич (1977), Г. Н. Щерба (1970), Е. Т. Шаталов (1957) и др. Большое значение имели металлогенические исследования геологов производственных организаций ряда регионов страны. Все эти работы в совокупности составили «золотой фонд» металлогенической науки.

За последнее десятилетие усилиями специалистов отраслевой и академической геологии был создан большой массив обзорных и мелкомасштабных региональных металлогенических и прогнозных карт; в наиболее перспективных рудных районах проведены работы по их средне- крупномасштабной прогнозной оценке преимущественно на отдельные виды полезных ископаемых. К таким работам следует отнести составленные во ВСЕГЕИ карту полезных ископаемых территории СССР м-ба 1 : 5 000 000 (1987) и того же масштаба комплексную металлогеническую карту СССР (1991), карту экзогенной минерализации СССР (1989), карту топливно-энергетических ресурсов СССР (1991), а также карту ураноносности СССР м-ба 1 : 2 500 000 (1985).

В ведущих отраслевых геологических институтах и ВСЕГЕИ составлены или завершаются обзорные прогнозные карты территории СССР по отдельным группам полезных ископаемых: на платиноиды, золото, медь, свинец, цинк (ЦНИГРИ), фосфатное сырье (ВНИИ-геолнеруд, ВСЕГЕИ), апатиты (ВСЕГЕИ), хромиты (ВСЕГЕИ, ВИМС), флюорит (ВСЕГЕИ, ВИМС, ДВИМС, ЗабНИИ), уран (ВСЕГЕИ, Геологоразведка) и др.

Существенное значение для отрасли

имеют карта прогнозных ресурсов СССР по категории P_3 (с привязкой перспективных площадей к структурно-металлогеническим зонам) м-ба 1 : 5 000 000 (1988), а также комплект ранее составленных во ВСЕГЕИ (1975) карт перспективной оценки минерально-сырьевых ресурсов СССР м-ба 1 : 7 500 000 по основным типам минерального сырья.

Комплексные металлогенические карты в разные годы были составлены для большинства рудных регионов СССР. Для некоторых из них карты близких масштабов создавались неоднократно, причем их прогнозные выводы были практически сходными: уточнялись и изменялись преимущественно контуры перспективных площадей. Среди региональных металлогенических карт, выполненных на формационной основе, следует отметить комплект карт главнейших регионов СССР м-бов 1 : 1 000 000—1 : 2 500 000 («Металлогения СССР»), издание которого завершается в ближайшие годы, а среди специализированных карт — прогнозно-металлогенические карты ураноносности всех важнейших регионов СССР (м-бы 1 : 1 000 000—1 : 1 500 000, ВСЕГЕИ, концерн «Геологоразведка», ВИМС). Характерной особенностью последней группы карт является их тесная взаимосвязь — содержательная и методическая — со среднемасштабными картами.

Среди других специализированных карт выделяются карты алмазности Русской и восточной части Сибирской платформы (м-б 1 : 2 500 000, ВСЕГЕИ) и серия региональных отраслевых карт на медь, полиметаллы, золото, редкие металлы, нерудное сырье и др. (м-бы 1 : 1 000 000—1 : 2 500 000; ЦНИГРИ, ВИМС, ВНИИгеолнеруд и другие институты и ГПП). Опыт составления среднемасштабных и крупномасштабных прогнозно-металлогенических карт связан главным образом со специализированными исследованиями. Интересные работы этого плана выполнены в области урановой геологии, в результате которых были составлены комплекты среднемасштабных прогнозных карт ураноносности (с врезками крупномасштабных карт) для районов Казахстана, Забайкалья, Дальнего Востока, Якутии и других регионов. Особо следует отметить, что в процессе этих работ был получен первый опыт объемного крупномас-

штабного прогнозирования рудоносных структур.

Выделяются работы, направленные на прогнозную оценку никеленосности и платиноносности Печенго-Варзугской зоны, Воронежского массива, медно-молибденового оруденения Сомхето-Карабахской зоны, мусковитового — Чупино-Лоухского района Карелии, сурьмяного — Адыча-Тыранской зоны Якутии и др. Эти работы выполнены в основном ВСЕГЕИ совместно с другими организациями. Существенный вклад в средне-крупномасштабное изучение рудных районов внесли отраслевые геологические институты страны.

Результат комплексных прогнозно-металлогенических исследований среднего масштаба — карта Кодаро-Удоканского района м-ба 1 : 200 000, комплект карт м-бов 1 : 500 000—1 : 200 000 Сетте-Дабанского региона (ВСЕГЕИ), а также заканчивающаяся в полистном исполнении металлогеническая карта Байкало-Амурского региона м-ба 1 : 500 000 (ВСЕГЕИ, производственные организации). Только одно далеко не полное перечисление свидетельствует о большом размахе данных работ в нашей стране, огромных финансовых затратах на их выполнение. В настоящее время эти обстоятельства диктуют необходимость более строгого подхода к проведению прогнозно-металлогенических исследований, прежде всего с позиций единой концепции их организации и выполнения.

В последнее десятилетие проблемы металлогении нашли отражение в ряде крупных обобщений теоретического плана, сыгравших важную роль в создании фундаментальных основ металлогенической науки. К ним в первую очередь следует отнести публикации Н. П. Лаверова (1986), А. И. Кривцова (1989), Е. А. Радкевич (1987), Д. В. Рундквиста (1986), Г. А. Твалчредзе (1985), И. Н. Томсона (1988), Г. Н. Щербы (1988) и др.

Анализ этих работ и прогнозно-металлогенических карт показывает, что принципиально новыми являются следующие научные идеи и методы: развитие представлений о влиянии глубинных структур и вещества мантии на формирование широкого класса рудных месторождений в земной коре на основе новых данных петрологических, геохимических, геофизических, тектонических исследований; детальная

разработка критериев и методики прогнозирования основных видов полезных ископаемых с использованием формационного анализа; создание геолого-генетических моделей рудных объектов разного ранга (месторождений, рудных полей, зон); разработка основ компьютеризации прогнозно-металлогенических исследований; создание автоматизированных методов прогноза и банков данных по месторождениям полезных ископаемых; развитие металлогенического картографирования.

Нельзя не отметить, что важное значение имели открытия за рубежом серии новых типов месторождений, прежде всего стратиформных, изменивших в ряде стран экономику сырьевой базы вольфрама, олова, золота, серебра, платины, урана и других полезных ископаемых, а также геолого-геофизическое изучение ложа океана и выявление колчеданных провинций в зонах спрединга, площадей развития железомарганцевых конкреций и металлоносных осадков, что позволило искать новые аналогии в размещении более древних месторождений.

Несмотря на определенные достижения в прогнозно-металлогенических исследованиях в нашей стране, созданию достаточно прочной научной основы этих работ в последние годы более очевидными стали некоторые общие недостатки, существенно тормозящие их развитие. К ним в первую очередь следует отнести: отсутствие стратегического плана прогнозно-металлогенических исследований и системы их проведения, что приводит в ряде регионов к дублированию работ (как по масштабам, так и площадям); неравномерность металлогенической изученности территории СССР и отсутствие программы периодической возобновляемости металлогенических карт на основе новейшей информации; низкая достоверность количественных оценок прогнозных ресурсов, несмотря на разнообразные методические разработки в этой области; ограниченные работы по прогнозу новых типов месторождений; недостаточная изученность связи оруденения с глубинными структурами и отдельными типами рудоносных структур (кольцевые структуры, рифтовые зоны и др.) и элементами плейт-тектоники; неразработанная теоретическая основа исследований по металлогении рудных районов и составлению объемных (трехмерных) прог-

нозных и металлогенических карт крупных масштабов; низкая техническая вооруженность и слабый уровень компьютеризации, что тормозит информационное обеспечение прогнозно-металлогенических исследований.

Каковы же наиболее эффективные пути решения научных и прикладных проблем, связанных с развитием прогнозно-металлогенических исследований? Рассмотрим некоторые из них. По нашему мнению, в настоящее время необходимо создание единой концепции развития прогнозно-металлогенических исследований в стране или во всяком случае для огромной территории России. Принципиальной основой такой концепции могли бы стать следующие положения и задачи, которые целесообразно сформулировать по крупным четырем направлениям: теоретические основы металлогении и прогнозных исследований; металлогеническая картография; компьютеризация металлогенических исследований; организация работ.

Теоретические основы металлогении и прогнозных работ. В этой области дальнейшая разработка научных проблем должна осуществляться по следующим, ставшим уже традиционными, направлениям: общей металлогении и в целях создания теоретических основ металлогенической эволюции структур земной коры, прогноза размещения и формирования месторождений, а также общей теории металлогенического развития Земли; региональной комплексной и специальной металлогении с задачей изучения закономерностей размещения месторождений в конкретных регионах и структурах и сравнительного анализа металлогении сходных региональных структур; металлогении рудных районов с задачами изучения особенностей локализации месторождений в локальных рудоносных структурах и создания методических основ этих исследований, разработки новых принципов и методов объемного прогнозирования не выходящего на поверхность оруденения и совершенствования количественных методов прогнозных оценок.

Эти исследования должны осуществляться на основе единых методологических принципов и научных подходов к методике работ. Главным среди них следует считать: осмысливание взаимосвязей геологических яв-

лений и установление металлогенических закономерностей через призму диалектического, историко-эволюционного метода познания природных явлений; обязательное применение новейших достижений различных направлений геологической науки (тектоники, петрологии, литологии, геофизики, геохимии и др.), а также других наук (космологии, картографии, математики, физики и др.); широкое использование формационного метода анализа при изучении и классификации геологических образований (тел, месторождений и т. п.), наиболее объективно отражающего их характерные особенности, прежде всего состав и тектонические условия проявления; возможность применения разных методик исследования, обеспечивающих творческий подход, устраняющих диктат методик, но в то же время соблюдающих единство главных требований к кардинальным вопросам, в особенности при составлении прогнозно-металлогенических карт; четкая направленность на решение прикладных вопросов геологии, что является конечной целью этих работ, с проведением экономических оценок прогнозируемых рудных районов и месторождений, а также определением мер по экологической защите окружающей среды.

Нет необходимости аргументировать особое положение в общем цикле прогнозно-металлогенических исследований фундаментальных разработок научных проблем. Эти работы, являясь их важнейшим звеном, обеспечивают научно-методическую, структурно-вещественную и тектоническую основу прогнозных построений, практически все теоретическое содержание металлогенического анализа. В этом плане дальнейшее развитие должны получить в первую очередь работы по следующим трем направлениям:

1. Общие закономерности металлогенического развития литосферы в связи с глубинным строением коры и мантии: анализ особенностей строения глубинных частей литосферы (включая мантийную оболочку), выявление связей источников рудного вещества и магматических очагов с глубинными концентратами; изучение закономерностей формирования полиформационных рудных районов и зон, обусловленных последовательным, па-

раллельным или наложенным развитием коровых и мантийных рудообразующих процессов; характерные черты их глубинного строения; совершенствование структурно-формационного метода познания закономерностей размещения геологических и рудных образований в структурах земной коры в пространстве и во времени; всестороннее изучение связей оруденения с парагенетическими сообществами магматических, метаморфических, метасоматических и осадочных формаций; приложение геодинамических моделей теории литосферных плит к металлогеническому анализу; эволюция процессов рудообразования во времени.

2. Металлогения отдельных типов геологических структур и обстановок: металлогения структур, связанных с особыми геодинамическими режимами, для которых закономерности размещения месторождений изучены еще крайне недостаточно (например, структуры центрального типа, рифтовые зоны (рифтогенные системы) — континентальные и океанические, вулканические островные дуги, активные склоны континентов и др.); металлогения осадочных бассейнов, их металлогеническая классификация; установление особенностей и главных закономерностей проявления рудных концентраций с задачей выделения новых типов месторождений (в первую очередь, Au, W, Sn, Ag и Pt); металлогения региональных рудоносных разломов (в т. ч. линейamentos), их металлогеническая классификация; металлогения региональных зон несогласий и гипергенеза; изучение типовых рудоносных и потенциально рудоносных палеогеологических обстановок и возрастных уровней на основе широких палеогеологических реконструкций с анализом влияния глобальных изменений в истории развития планеты; обоснование экстремальных эпох рудообразования.

3. Металлогения докембрия: проведение целенаправленных металлогенических исследований в крупных докембрийских геоструктурах на территории нашей страны с задачей сопоставления их со сходными структурами в других регионах мира; изучение строения и эволюции тектоносферы в докембрии и значения глубинных (мантийных) процессов того

времени для металлогении; выяснение влияния металлогении докембрия на специфику металлогении молодых эпох с привлечением современных геохимических исследований и данных изотопной геохронологии; всесторонние комплексные исследования в областях развития докембрия в целях открытия месторождений новых типов, и прежде всего метаморфизованных осадочно-гидротермальных и осадочно-вулканогенных, а также месторождений типа несогласий: аналогов урановых месторождений Канады и Австралии, вольфрамовых месторождений Гренландии, Бразилии и зеленокаменного пояса Родезии; золоторудных, золото-серебряных, золото-мышьяково-ртутных и более сложных по составу месторождений Канады, Китая, Бразилии и др. В этой связи следует особо подчеркнуть важное значение для прогноза новых типов оруденения работ по региональной геохимии с задачей выявления геохимических аномалий с нестандартными ассоциациями элементов.

Решение перечисленных задач требует анализа огромного фактического материала по зарубежным странам, его сопоставления с данными по нашей стране: по существу в настоящее время рождается новое направление прогнозно-металлогенических исследований — сравнительная металлогения, главная цель которой — сравнительный анализ закономерностей размещения и типов месторождений различных рудоносных регионов мира.

Металлогеническая картография. В этой области по-прежнему является важным составление комплектов прогнозно-металлогенических карт следующих масштабов:

мелкомасштабных (1 : 5 000 000 — 1 : 1 000 000) для крупных регионов, рудных провинций, зон и областей в целях установления металлогенической специализации крупных блоков земной коры, оценки их металлогенического потенциала и прогнозных ресурсов, изучения металлогенической зональности геологических структур и общих закономерностей размещения месторождений различных полезных ископаемых в пространстве, выделения эпох рудообразования;

среднемасштабных (1 : 500 000 — 1 : 200 000) для целостных геологиче-

ских структур и районов в целях изучения закономерностей размещения оруденения в пространстве и во времени в пределах структурно-металлогенических зон и областей, комплексного или специализированного исследования рудных и потенциально рудных районов с оценками прогнозных ресурсов минерального сырья;

крупномасштабных (1 : 50 000 — 1 : 25 000), в т. ч. объемных, для рудных узлов (районов), рудных полей и месторождений в целях надежного геологического обеспечения и комплексного или пометалльного прогнозно-металлогенического анализа рудных районов (узлов) с обоснованием в их пределах высокоперспективных локальных площадей для детальных поисков и геологоразведочных работ, а также оценками прогнозных ресурсов и запасов минерального сырья.

Прогнозно-металлогенические карты могут быть комплексными или специализированными на группу или одно полезное ископаемое в зависимости от конечных целей и поставленных задач. Важно совершенствовать металлогеническую картографию, шире использовать накладки-пластики и добиваться большей графической выразительности показа закономерностей размещения месторождений на плоскости и в объеме.

Компьютеризация металлогенических исследований. Перед этим направлением исследований стоят важные задачи по совершенствованию методологии и теории автоматизированного металлогенического анализа и прогнозу минеральных ресурсов на основе организации баз металлогенических данных и автоматизированных систем прогноза, прежде всего на примере типовых провинций, районов и узлов. Необходима скорейшая разработка специальных программ и методов по математизации металлогенических исследований и оценке прогнозных запасов на ЭВМ, применению современной голографии для создания объемных моделей рудных районов и более локальных структур и т. д.

В этом направлении уже наметились определенные успехи (например, работы А. П. Куклина по Северо-Востоку), но в целом в прогнозно-металлогенические исследования новейшие достижения машинной обработки данных внедряются недопустимо

медленно. Эти вопросы столь важны, что требуют особого рассмотрения в специальных публикациях. Здесь только отметим, что одной из актуальнейших проблем по-прежнему остается дальнейшая разработка методов количественной прогнозной оценки рудных зон и районов разных типов. В этом направлении наши успехи, к сожалению, достаточно скромны.

Известно, что металлогения — наука, сердцевина которой нацелена на решение прикладных задач. Любая металлогеническая проблема или даже мелкий вопрос должны иметь практический выход. Поэтому приоритетное значение имеют проблемы, связанные в первую очередь с совершенствованием металлогенического прогноза и анализа причин проявления в структурах земной коры уникальных крупных месторождений с оценкой их прогнозных запасов на точной, математической основе. Следующие важные вопросы — дальнейшая разработка региональных и локальных критериев размещения рудных и потенциально рудных районов в типовых геологических обстановках, принципов и методов геологического и радиологического датирования месторождений полезных ископаемых; типизация рудных районов на основе формационного анализа, создания их моделей для средне-, крупномасштабного прогнозирования; сравнительный системный анализ районов с однотипными геологическими и рудными формациями и их потенциальных запасов; разработка и совершенствование научно-методических основ объемного моделирования рудных районов, полей и месторождений.

Вопросы организации металлогенических исследований. В этой области необходимо: признание за металлогеническими работами, связанными с составлением прогнозно-металлогенических карт мелкого (1 : 5 000 000—1 : 1 000 000), среднего (1 : 500 000—1 : 200 000) и крупного (1 : 50 000—1 : 25 000) масштабов, статуса государственных аналогично имеющемуся у государственных геологических карт; установление строгой периодичности в составлении карт разных масштабов и сроков их выполнения в зависимости от конечных целей, которые поставлены перед ними; развитие тесных творческих контактов между науч-

ными коллективами геологических отраслевых организаций, Академий наук, вузов и осуществление ими работ в области теоретической и прикладной металлогении по единым комплексным программам, определяющим главные задачи и конечные цели исследований, их стоимость и источники финансирования. Охарактеризованные выше вопросы в общих чертах намечают главные контуры концепции прогнозно-металлогенических работ в нашей стране, в определенной степени отражают успехи и недостатки металлогенических исследований. Из изложенного вытекает необходимость разработки взаимоувязанных планов и программ проведения металлогенических исследований. В первую очередь это относится к установлению последовательности, периодичности и очередности создания (и пересоставления) прогнозно-металлогенических карт, организации четкой системы этих работ. Такая система требует выделения конкретных объектов изучения и прогноза при различных масштабах работ, а также определения задач отдельных видов исследований и их связей с базовыми геологическими материалами. Предложения по этому вопросу отражены в табл. 1 и 2.

На основе обзорных и региональных мелкомасштабных прогнозно-металлогенических карт в совокупности с геолого-геофизическими данными должно осуществляться долгосрочное планирование более детальных прогнозных и поисковых работ и выделение крупных блоков-территорий для геологических съемок. Их положение в структуре геологоразведочных работ соответствует стадии регионального геолого-геофизического изучения территории страны. Очевидна целесообразность выделения этого вида работ в самостоятельную подстадию.

Периодичность составления мелкомасштабных металлогенических карт определяется уровнями накопления новейшей информации и по опыту работ характеризуется интервалами в 15—20 лет для обзорных и 10—15 лет для региональных карт. Указанные металлогенические исследования проводятся научными или научно-производственными коллективами по единой методике и координационным программам.

Среднемасштабные прогнозно-металлогенические исследования (с перио-

1. Прогнозно-металлогенические исследования

Масштаб исследований	Объект изучения	Объект прогноза
Обзорные 1 : 2 500 000 и мельче	Металлогеническая мега- провинция (территория страны)	Металлогеническая провинция, область
Региональные мелко- масштабные 1 : 2 500 000 1 : 1 000 000	Металлогеническая провинция (субпровинция), металлогени- ческая область	Металлогеническая область, субпровинция, структурно-метал- логеническая зона
Региональные средне- масштабные 1 : 500 000 1 : 200 000	Металлогеническая область, структурно-металлогеническая зона	Рудный район (рудный узел), рудная зона
Крупномасштабные 1 : 50 000 (1 : 25 000)	Рудный район, рудная зона	Рудное поле (рудный узел)
Детальные 1 : 10 000 и крупнее	Рудное поле, (рудный узел), месторождение	Месторождение (рудное тело)

дичностью возобновления карт через 10 лет) должны рассматриваться как самостоятельный этап в стадийности геологоразведочных работ по изучению территории страны. Это вид исследований наиболее тесно связан с государственным геологическим картированием. Задача прогнозно-металлогенических исследований среднего масштаба — комплексный или пометалльный металлогенический анализ и прогнозная оценка целостных геологических структур. Решение этой задачи требует проведения целенаправленных дополнительных исследований в области формационного и рудно-формационного анализа, познания глубинного строения территорий, их геохимических особенностей, создания палеогеологических реконструкций и объемных моделей. Существенный элемент исследований — создание общих и региональных банков металлогенических данных и поэтапное внедрение автоматизированных прогнозных систем.

В геологически хорошо изученных районах среднемасштабное металлогеническое картирование должно базироваться на результатах геологических съемок м-ба 1 : 200 000 нового поколения (охватывая целостные геологические структуры) и быть в этом случае опережающим и направляющим для геологосъемочных и прогнозно-метал-

логенических работ м-ба 1 : 50 000.

В слабо изученных районах среднемасштабные прогнозно-металлогенические исследования (м-бы 1 : 200 000—1 : 500 000) могут быть опережающими и к геологосъемочным работам м-ба 1 : 200 000.

Крупномасштабные прогнозно-металлогенические исследования, комплексные или пометалльные, проводятся в рудных и потенциально рудных районах с охватом целостных локальных структур как продолжение среднемасштабных (со многими характерными особенностями последних). Постановка этих работ, как правило, должна осуществляться на основе полистной геологической карты м-ба 1 : 50 000 или проводиться параллельно в тесной увязке со съемочными работами и объемным картированием данного масштаба.

Возобновление крупномасштабных и детальных прогнозных карт зависит от возникающих задач и требований при изучении и освоении горнорудных районов и месторождений. Следует подчеркнуть важную особенность крупномасштабных прогнозно-металлогенических исследований (картирования), выделяющую их в самостоятельный вид работ: переход на современном этапе к объемному прогнозированию с созданием соответствующих трехмерных моделей, комплектов карт и разрезов,

2. Структура прогнозно-металлогенических исследований

Масштаб исследований	Длительность эффективного использования карт.	Базовая геологическая основа	Задачи исследований		Оценка прогнозных ресурсов (категории)	Виды дополнительных исследований по совершенствованию базовой основы
			Общие задачи			
Обзорные 1 : 2 500 000— 1 : 5 000 000 и мельче	15—20	Обзорные и сводные региональные геологические карты	Выявление общих закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых и металлогенической зональности крупных блоков земной коры Комплексная прогнозная оценка металлогенических провинций и областей Прогнозная оценка металлогенических провинций и областей на отдельные виды минерального сырья или группы полезных ископаемых		Минерагенический потенциал (МП)	Обобщения по тектонике, Глубинному строению и формационному анализу
Региональные мелкомасштабные 1 : 2 500 000— 1 : 1 000 000	10—15	Государственная геологическая карта м-ба 1 : 1 000 000. Сводные региональные карты	Выявление закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых в пределах провинций и областей Комплексная прогнозная оценка металлогенических провинций, областей и структурно-металлогенических зон Прогнозная оценка металлогенических провинций, областей и металлогенических зон на отдельные виды минерального сырья или группы полезных ископаемых		Минерагенический потенциал или Р ₃	Исследования по глубинному строению, геохимии и формационному анализу
Региональные среднемасштабные 1 : 500 000— 1 : 200 000	10	Государственная геологическая карта м-ба 1 : 200 000	Выявление закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых в пределах структурно-металлогенических зон и областей Комплексный металлогенический анализ и прогнозная оценка рудных районов и узлов Прогнозная оценка рудных районов на отдельные виды минерального сырья или группы полезных ископаемых		Р ₃	Исследования по глубинному строению, геохимии, литофациальному, формационному и рудноформационному анализу и др.
Крупномасштабные 1 : 50 000— 1 : 25 000	5—10	Государственная геологическая карта м-ба 1 : 50 000	Прогнозно-металлогенический анализ рудных районов (узлов) и рудных полей Выделение и прогнозная оценка локальных рудоносных структур на отдельные виды минерального сырья		Р ₂	Исследования по геохимии, объемному моделированию, структурному и рудноформационному анализу и др.
Детальные 1 : 10 000 и крупнее	5	Детальные геологические карты и планы	Комплексное изучение месторождений Выделение и оценка потенциальных рудных тел		Р ₁ ; С ₂	Структурные, петрографо-минералогические и геохимические исследования

позволяющих оценить глубинные горизонты месторождений.

Средне-, крупномасштабные металлогенические исследования должны проводиться научно-производственными коллективами, состоящими из представителей НИИ и ГГП.

Таким образом, целесообразно создание единой системы всех прогнозно-металлогенических исследований, различных по масштабам и конечным целям. Необходимость такой системы с государственным статусом вытекает из самостоятельности этого научного направления, имеющего только ему присущие задачи, объекты изучения и

прогноза, принципы и методику исследований, понятийную базу. Указанная система, обеспечивающая внутренние связи отдельных видов исследований, последовательность, очередность и периодичность составления прогнозно-металлогенических карт, будет способствовать координации и повышению эффективности прогнозно-поисковых, геологосъемочных и научно-тематических работ, а в итоге развитию минерально-сырьевой базы страны. Более сложную задачу представляет создание единой программы научных исследований в области общей (теоретической) металлогении.

УДК 553.078

© Е. В. Плющев, 1992

Крупномасштабный комплексный прогнозно-металлогенический анализ — направления исследований

Е. В. ПЛЮЩЕВ

Установление сложной иерархической системы металлогенических подразделений (... рудные тела — месторождения — рудные поля — узлы — районы — области — рудные провинции — пояса ...) — одно из важных достижений металлогении, позволяющее применить законы системного анализа к геологическому процессу прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Каждое из подразделений, хотя и включает в качестве образующих компонентов структурно-взаимосвязанные объекты предыдущего уровня, обладает определенной целостностью [4]. Последнее дает основание ставить вопрос о специфике изучения объектов, различии подходов, методов и целей прогнозно-металлогенического анализа (ПМА) на каждом уровне.

Выявление закономерностей размещения месторождений и рудных полей в пределах рудных узлов и районов — задача крупномасштабного ПМА, решаемая в процессе геологических исследований м-ов 1 : 50 000 — 1 : 25 000. Размещение рудных узлов и районов в пределах рудных провинций устанавливается на базе среднемасштабного ПМА (1 : 200 000 — 1 : 500 000). Выделение рудных провинций и поясов, обоснование их границ, геологической позиции и минерогенического потенциала производится при региональном мелкомасштабном (1 : 1 000 000 и мельче) ПМА.

Несмотря на различия в объектах и методах изучения разномасштабные уровни ПМА в рамках общего металлогенического анализа должны быть органично взаимосвязаны. Крупномасштабный ПМА следует проводить в границах рудных районов, определенных среднемасштабным ПМА, для которого крупномасштабный ПМА должен вырабатывать и уточнять положительные образы прогнозирования (модели рудных узлов). Такие же взаимосвязи устанавливаются между средне- и мелкомасштабными ПМА. Только при наличии аналогичных взаимосвязей иерархическая система общего металлогенического анализа оказывается наиболее экономической и одновременно конструктивной для создания компьютеризированных информационных систем, систем динамического прогнозирования и решения других задач рационального использования минерально-сырьевых ресурсов страны [2].

В силу сказанного нельзя рассматривать крупномасштабный ПМА только как средство частного решения оперативных задач. Одновременно крупномасштабный ПМА должен быть составной частью общего металлогенического анализа, имеющего общегосударственное значение. В целевом назначении крупномасштабного комплексного ПМА выделяются два основных направления.

1. Прогнозно-металлогеническая оценка реальных и потенциальных рудных районов (узлов) на весь комплекс возможных полезных ископаемых с определением прогнозных ресурсов и направлением поисково-оценочных работ в целях наращивания или качественно-го улучшения минерально-сырьевых баз действующих или проектируемых горно-добывающих предприятий.

2. Создание объемных металлогенических моделей рудных узлов с базами унифицированных фактографических данных и комплектами государственных карт м-ба 1 : 50 000, выявляющих внутреннее строение типовых рудных узлов, историю становления их геохимических ресурсов и рудоформирующих систем в целях сравнительного изучения аномально рудоносных блоков земной коры ранга рудных узлов, их систематизации, прогнозирования новых типов месторождений и выработки положительных образов для среднемасштабного прогнозирования.

Эти целевые направления глубоко взаимосвязаны. Решение оперативных задач изучения конкретного рудного узла должно выполняться с учетом общих требований к Госгеолкарте-50, дополненных едиными требованиями к прогнозно-металлогенической информации. Создание объемных моделей в сопоставляемых параметрах даст возможность прогнозировать новые, неизвестные в конкретном узле, но установленные в других узлах морфоструктурные и формационные типы месторождений, позволит оценить изучаемый узел на весь комплекс полезных ископаемых.

При металлогеническом анализе мелкомасштабные исследования охватывают до 100 % территории страны, среднемасштабные не более 10—20 % (в рамках рудных провинций и поясов), крупномасштабные — первые проценты (суммарная площадь рудных узлов). Если неоправданно завышать объемы средне- и крупномасштабных исследований, что имеет место в настоящее время, то происходит рост некупаемых затрат и снижение качества прогнозно-металлогенического анализа.

Рудные районы (узлы) — объекты комплексного крупномасштабного ПМА. Узловой характер распределения месторождений — эмпирический факт, который неоднократно отмечал и использовал один из основоположников

металлогении С. С. Смирнов (1944). В статье, посвященной металлогеническим зонам, А. И. Семенов (1965) подчеркивал, что в их пределах распределение месторождений носит неравномерный узловой характер. И. Н. Томсон и М. А. Фаворская (1969) выделяли узловые скопления месторождений вдоль линеаментов. Эти же факты заложены в концепции Г. Шнейдерхена (1957) о регенерированных месторождениях и представлениях А. А. Сидорова и И. Н. Томсона [6] о базовых месторождениях, П. Ф. Иванкина (1963) — о рудных пучках.

Природное выражение рудных узлов как целостных геологических образований часто вполне определенное: интрузивный массив с семейством плутоногенно-гидротермальных месторождений; вулканическая депрессия с родственными вулканогенно-гидротермальными месторождениями, фации бассейна седиментации с осадочными рудными концентрациями и т. п. Однако часто эти сравнительно простые закономерности нарушены пространственным совмещением нескольких близодновременных или разорванных во времени рудоформирующих систем. В таких случаях геологическую целостность узла, его естественные границы установить нелегко. Это относится к сочетанию коренных и россыпных, осадочных и гидротермальных месторождений, месторождений кор выветривания и рудных концентраций субстрата и т. п.

Единство, геологическая целостность подобных рудных узлов нередко выявляются на основе геохимических или геофизических данных, путем изучения эпигенетических образований, недостаточно четко выраженных на стандартных геологических картах. Приходится признать, что хорошее знание геологического строения территории и расположенных в ее пределах рудных месторождений часто оказывается недостаточным для установления границ рудного узла, его внутренней структуры, а следовательно, и прогнозной оценки, особенно на комплекс возможных полезных ископаемых.

Каждое рудное месторождение или рудопроявление — признак рудного узла («ищи руду около руды»), однако он совершенно недостаточен для индивидуализации рудного узла как целостного металлогенического объекта. Для этого нужны результаты среднемас-

штабного ПМА (выбор территории) и крупномасштабного комплексного ПМА (создание объемной модели).

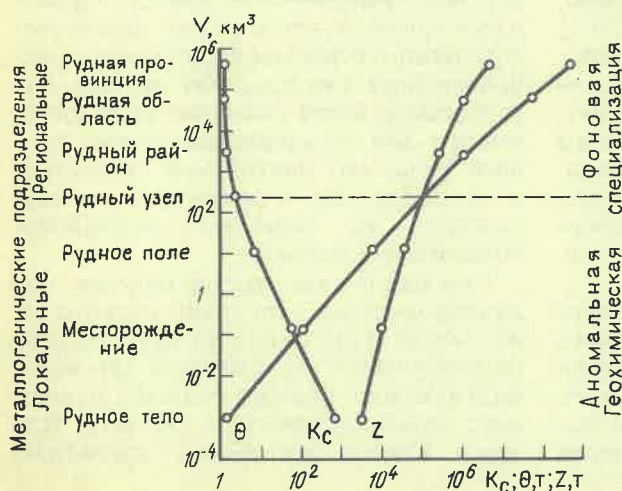
Понятие рудного района включает как геолого-экономический, так и металлогенический аспекты. Ссылаясь на Е. А. Радкевич (1958), С. С. Смирнова (1944), Е. Т. Шаталова (1958), А. Д. Щеглов [8] определяет рудный район как рудоносную территорию (составную часть более крупных рудных провинций и областей), в пределах которой локализованы месторождения, сходные по геологическим условиям проявления и генетическим особенностям. В то же время А. Д. Щеглов подчеркивает освоенность рудных районов горнодобывающей промышленностью. Как самостоятельный металлогенический таксон рудные районы выделяет И. Н. Томсон [7], относя их к локальным металлогеническим объектам. Проведенный им статистический анализ позволяет оценить преобладающие площади рудных районов интервалом $400\text{--}1800\text{ км}^2$ (мегарайоны $10\,000\text{--}20\,000\text{ км}^2$), а рудных узлов — $100\text{--}160\text{ км}^2$ (мегаузлы $200\text{--}350\text{ км}^2$). Далее следуют рудные поля с преобладающими площадями $10\text{--}50\text{ км}^2$ (до 80 км^2). В отличие от региональных металлогенических подразделений поясовой морфологии перечисленные локальные металлогенические подразделения, по И. П. Томсону, носят узловой характер.

Принципиальные различия между региональными и локальными металлогеническими подразделениями можно видеть на графике соотношений их объемов, кларков концентрации, геохимических ресурсов и рудных запасов

(рисунок). Локальные подразделения — это области привноса и концентрирования рудного вещества ($Z > \theta$, $K_c \gg 1$), а региональные подразделения характеризуются слабоповышенными близкларковыми концентрациями ($K_c \gg 1$). Здесь $\theta \gg Z$, т. е. перераспределение незначительной части геохимических ресурсов обеспечивает создание рудных запасов. Рудные районы и узлы в отмеченной последовательности подразделений занимают пограничное положение, что предопределяет специфику их металлогенических параметров, отличную от месторождений и рудных тел, с одной стороны, и от рудных провинций и областей, с другой.

Учитывая некоторую двойственность в понимании рудных районов, следует, видимо, использовать этот термин более свободно, чем термин «рудный узел», которому хотелось бы придать генетический смысл. Рассматриваемое направление исследований можно сформулировать как *крупномасштабный комплексный прогнозно-металлогенический анализ рудных районов с построением объемных моделей и оценкой прогнозных ресурсов выделяемых в их пределах рудных узлов*.

При этом под рудным узлом понимается пространственно обособленный объем рудоформирующей системы или общий объем частично совмещенных в пространстве рудоформирующих систем, включая их области питания и области разгрузки. Учитывая, что конкретный рудный узел может быть представлен сочетанием различных рудоформирующих систем (осадочных, собственно магматических, гидротермально-метасоматических и гидроген-



Соотношения кларков концентрации K_c , геохимических ресурсов θ , рудных запасов Z в иерархическом ряду металлогенических подразделений для металлов с $K=10^{-4}\%$ (Sn, W, Mo и др.)

но-инфильтрационных), увязываемых единой объемной моделью, необходимо сформулировать совокупность общих параметров или факторов, характеризующих рудные узлы различных генетических типов, включая моногенные, полигенные родственные и полигенные чужеродные.

О научных основах крупномасштабного комплексного ПМА. Проблемы крупномасштабного ПМА принято решать с позиций отраслевой металлогении на основе специализированного геологического картирования и разработки прогнозно-поисковых комплексов на определенное оруденение. Специализированное геологическое картирование оказалось вполне эффективным для поисков оруденения ожидаемого формационного и морфоструктурного типов, но приводило к пропуску объектов в нетрадиционной обстановке. «Пометалльные» ассигнования таких работ усугубляли пропуск месторождений других полезных ископаемых. Кроме того, специализированное на определенный вид полезного ископаемого картирование способствовало отходу от жестких общих требований к геологической съемке в отношении кондиционности опорной сети наблюдений и унификации выделяемых подразделений. Это резко ухудшило сопоставимость геологических и других прогнозных карт по различным рудным районам, предопределило крайне неравномерную изученность и описованность разных частей района.

Комплексный ПМА не может базироваться на специализированных геологических картах. А. Д. Щеглов [8, с. 395] подчеркивает, что «... необходимо комплексно подходить к оценке всех полезных ископаемых, имеющих в данном районе, правильно дать прогнозную оценку всем видам минерального сырья на данной территории, обратить особое внимание на возможность одновременного использования месторождений различных полезных ископаемых». Здесь же отмечается, что рудные районы могут быть монометалльными и комплексными, иметь различную структуру распределения запасов и т. п.

Возможные многометалльность и полигенность рудных районов приводят к необходимости сформулировать общие положения, определяющие формирование рудного узла, которые могут

быть использованы для построения его объемной модели.

1. Рудообразование — это избирательное концентрирование и накопление в той или иной степени рассеянного ранее вещества земной коры [1].

2. Любой блок земной коры в объеме рудного узла (или более крупный) обладает теми или иными геохимическими ресурсами, создаваемыми в ходе всей истории геологического развития и взаимодействия слагающих его тел. Геохимические ресурсы такого блока выражаются ассоциацией микроэлементов с кларками концентрации >1 , средневзвешенными по объему их содержаниями, формами нахождения и вариациями этих параметров в слагающих блок геологических телах на уровне масштаба изучения. Геохимическая унаследованность геологических процессов благоприятна для созидания геохимических ресурсов, хотя возможно их однократное возникновение в ходе конкретного геологического явления.

3. Любой гетерохимический геологический процесс (осадочный литогенез, магматизм, гидротермально-метасоматическая или гидрогенно-инфильтрационная деятельность) ведет на различных стадиях развития к рассеянию (близкларковому выравниванию концентраций) или дифференцированию (концентрированию — деконцентрированию) микроэлементов. Сопряженность рассеяния и дифференцирования микроэлементов в рамках конкретного геологического процесса при его длительном однонаправленном проявлении представляет собой потенциальную рудоформирующую систему.

4. Предшествующий деятельности рудоформирующей системы период геологического развития (предыстория рудоформирования) создает геохимические ресурсы данной системы. Последующий (после завершения деятельности рудоформирующей системы) период (постистория рудоформирования) оказывает созидательное или разрушительное воздействие на продукты рудоформирования. Это применимо к любому числу выделяемых рудоформирующих систем.

5. Функционирование рудоформирующей системы выражается в извлечении определенной ассоциации микроэлементов из геохимических ресурсов области питания, их перемещении и частичном накоплении в сопряженной области разгрузки. Наличие барьеров су-

существенного изменения (инверсии) миграционных свойств рудных элементов на динамической границе областей питания и разгрузки — необходимое условие рудообразования. При этом из области питания извлекается лишь небольшая часть массы каждого склонного к мобилизации рудного элемента (до 10—20 %), пропорциональная объему перемещаемой подвижной фазы. Геохимические ресурсы и объем подвижной фазы в области питания, вместе с длительностью и стационарностью функционирования, являются факторами продуктивности рудоформирующей системы, выражающейся общим количеством рудного вещества, перемещенного из области питания в область разгрузки.

6. Неоднородность области разгрузки — важнейший фактор рудоконцентрирования в ее пределах. В общем виде можно выделить: дефекты однородности среды, в которой функционирует система; дефекты однородности рудоформирующей системы. Подчеркнем, что направленность процессов формирования геологических тел заключается в создании их регулярной внутренней структуры, построенной на принципе повторения элементарного объема вещества, сохраняющего состав и структуру целого [4]. Такая тенденция ведет к равномерному распределению микроэлементов. В ходе этих процессов вероятно слабое накопление рудных микроэлементов (не более чем в 5—10 раз выше кларка), но фактическое рудообразование с концентрированием вещества в сотни — тысячи раз возможно лишь в дефектах регулярных структур (границы, дислокации, включения и т. п.). В целом наиболее конструктивной представляется модель ступенчатого рудоконцентрирования [1, 3].

7. Сохранность производных рудоформирующей системы определяется: перекрытием более молодыми отложениями; эродированностью; воздействием более молодых интрузивных, метаморфических или метасоматических образований; пострудными тектоническими воздействиями; выветриванием и другими гипергенными процессами; взаимодействием с другими рудоформирующими системами.

Перечисленные принципиальные положения могут быть положены в основу разработки комплексного крупномасштабного ПМА наряду с рудно-

формационными данными, генетическими моделями месторождений и моделями объемного геологического строения рудных районов.

Разработка научных основ комплексного крупномасштабного ПМА не должна базироваться на априорной типизации этих еще недостаточно изученных объектов по видам полезных ископаемых, генезису или геологическим обстановкам нахождения. Требуется создать предварительную справочно-информационную систему по представительной выборке рудных узлов (100—200 объектов). Далее следует выделить 10—20 типовых рудных узлов и построить для них объемные металлогенические модели по ретроспективным данным. На основе накопленного опыта и перечисленных положений нужно сформулировать общие требования к методике комплексного крупномасштабного ПМА. Параллельно с этим на примере нескольких хорошо изученных узлов (2—3) можно создать эталонный комплект материалов комплексного крупномасштабного ПМА, иллюстрирующих методику его проведения. В настоящее время такие работы уже выполнены во ВСЕГЕИ для ряда рудных узлов Казахской складчатой области (Е. В. Плюшев, В. В. Шатов, О. П. Ушаков, И. А. Мальков и др.). На базе этих материалов и перечисленных выше исследований могут быть вполне надежно сформулированы принципы и методика комплексного крупномасштабного ПМА, что, конечно, требует постановки специальных научно-исследовательских работ.

О содержании объемной модели рудного узла и методике ее создания. Реальным выражением рудоформирующих палеосистем служат геологические формации: осадочные, магматические, гидротермально-метасоматические и гидрогенно-инфильтрационные в конкретном индивидуальном проявлении. Рудоносные индивиды осадочных и магматических формаций представлены геологическими телами, в той или иной степени отображаемыми на геологических картах, а гидротермально-метасоматические и гидрогенно-инфильтрационные формации требуют специальной процедуры выделения.

Рудоносные формации сложно переменяются с другими геологическими образованиями в блоке земной коры, отвечающем рудному району. Их современное залегание часто существенно на-

рушено по сравнению с периодом рудообразования. Поэтому объемное моделирование рудоформирующих систем складывается из двух построений: создание объемной статической модели современной структуры блока земной коры, охватывающего рудоносные формационные тела; реконструкции рудоформирующих палеосистем. Реконструкции рудоформирующих палеосистем, выявление их внутренней структуры и взаимоотношений с другими геологическими образованиями в охватывающем их блоке земной коры представляют собой основу металлогенического моделирования рудного узла.

В качестве исходных материалов для металлогенического моделирования рудных узлов следует иметь: геологическую карту, отвечающую требованиям Госгеолкарты-50; геофизические (сейсмо-, гравитационные, магнитометрические) карты м-ов 1 : 50 000 и крупнее; результаты опережающих поисковых работ (металлометрических, радиометрических и других съемок); существующие петрофизические, петрохимические, петрографические и геохимические характеристики пород и руд; генетические модели, рудноформационные и морфоструктурные характеристики месторождений; карты фактической рудоносности; металлогенические материалы м-ов 1 : 200 000—1 : 500 000.

Однако имеющихся материалов, как правило, недостаточно для полноценной вещественной характеристики выделенных на карте геологических тел. Не хватает надежной информации для построения полиэлементных геохимических карт. Отсутствуют систематические петрографические характеристики, а также картографические данные по эпигенетическим преобразованиям. Имеющиеся по этим вопросам разрозненные материалы приводятся в авторской интерпретации и практически не сопоставимы по разным рудным районам. Да и в пределах одного района различные вещественные характеристики не скоррелированы единой системой опробования, обработки и взаимной увязки.

В этих условиях целесообразно имеющиеся картографические материалы дополнить базами фактографических данных, полученных по опорной сети опробования коренного коколя, рыхлого чехла и разрезом.

Опорная сеть фиксированных геологических наблюдений и комплексного опробования охватывает всю площадь рудного района. В складчатых поясах это несколько (1—5) номенклатурных планшетов м-ба 1 : 50 000, со средней плотностью 500×500 м, что составляет 1—2 тыс. точек наблюдений на планшет. Каждая точка наблюдения привязывается к географическим координатам и геологическим подразделениям имеющейся геологической карты. Из типичных коренных пород в точке наблюдения отбираются образец, штучная проба для петрофизических, петрохимических и геохимических анализов, изготавливается петрографический шлиф.

Унифицированный набор признаков, определяемых в фиксированных точках наблюдений, составляет базу компьютеризированных фактографических данных, на основе которых строятся геохимические карты, карты эпигенетических образований, различные карты скоррелированных признаков, даются разнообразные вещественные характеристики отдельных геологических тел или их совокупностей. Такие унифицированные базы данных по отдельным рудным районам могут быть расширены любыми дополнительными признаками. Однако следует добиться в первую очередь унификации минимума необходимых вещественных характеристик, независимо дополняющих комплект геологических и геофизических карт, карт полезных ископаемых и других исходных материалов по изучаемому рудному району.

Опыт исследования таких баз унифицированных характеристик по опорной сети наблюдений приводит к существенному улучшению геологической основы и ее взаимоувязке с геофизическими полями (за счет массовых петрофизических и других вещественных характеристик). На основе таких баз строятся важнейшие дополнительные карты для выделения рудоформирующих систем и их геохимических параметров. Эти базы позволяют объективно сопоставлять геологические подразделения разных рудных районов как металлогенические факторы.

Таким образом, в качестве результатов документов крупномасштабного комплексного ПМА каждого рудного района можно предложить следующие.

1. Комплект карт м-ба 1 : 50 000,

включающий: геологическую, полиэлементную геохимическую, эпигенетических (гидротермально-метасоматических или гидрогенно-инфильтрационных) образований, прогнозно-металлогеническую. Все карты должны сопровождаться сериями взаимосвязанных разрезов-профилей на глубину первых (до 10) км.

2. База компьютеризированных фактографических данных по опорной сети фиксированных наблюдений и вертикальным разрезам.

3. Современные и реконструированные (на период рудообразования) металлогенические объемные модели рудоформирующих систем.

4. Оценки прогнозных ресурсов рудоформирующих систем на весь комплекс возможных полезных ископаемых с рекомендациями по направлениям поисково-оценочных работ м-ов 1 : 10 000 и крупнее.

Научно-методическое обеспечение создания перечисленных материалов в унифицированном (доступном для сопоставительного анализа и пригодном для компьютеризации) виде — одно из приоритетных направлений работ ВСЕГЕИ. В настоящее время такая тема поставлена по рудным узлам

России. Ранее аналогичные исследования были рекомендованы Всесоюзной конференцией по развитию производительных сил Сибири [5]. На базе ВСЕГЕИ рационально подключить к этим работам геологические организации других республик Евро-Азиатского экономического пространства для создания единых информационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчинников Л. Н. Образование рудных месторождений. — М.: Недра, 1988.
2. Орлов В. П. Геологическое прогнозирование. — М.: Недра, 1991.
3. Плющев Е. В., Шатов В. В. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. — Л.: Недра, 1985.
4. Проблемы развития Советской геологии/Под ред. Л. И. Боровикова — Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер. 1971. Т. 177.
5. Решение секции «Горнодобывающие комплексы Сибири и их минерально-сырьевая база» (Улан-Удэ, 25.01.1990 г.)/Сост. Н. А. Добрецов, С. М. Николаев. Новосибирск. 1990. С. 4—5.
6. Сидоров А. А., Томсон И. Н. Базовые рудные формации//Тихоокеанская геология. 1987. № 5. С. 102—108.
7. Томсон И. Н. Металлогения рудных районов. — М.: Недра, 1988.
8. Щеглов А. Д. Основы металлогенического анализа. — М.: Недра, 1980.

УДК 552.53:553.2

© С. М. Кореневский, 1992

Минерагения калиеносных формаций

С. М. КОРЕНЕВСКИЙ

Долгое время галогенные формации рассматривались в основном только как источник соляного минерального сырья. Этому, вероятно, способствовало то обстоятельство, что в их разрезе более или менее детально изучались лишь соляные толщи и пласты. В соляных породах этих толщ и пластов в тех или иных количествах присутствуют (кроме соляных минералов) обычно лишь ангидрит, карбонаты Са и Mg, а также глинистый материал. Чистые же соляные породы для рудной минерализации почти стерильны, что в какой-то мере ошибочно переносилось и на галогенные формации в целом.

Однако разрез галогенных формаций сложен не только соляными образованиями, он включает пласты и пачки ангидритов, карбонатных и глинистых пород. Более детальное изучение этих горизонтов показало, что с ними свя-

зано еще и наличие своеобразной рудной и нерудной минерализации [1—5, 10, 11]. Разнообразие этой минерализации и степень ее концентрации чаще наиболее значительны в калиеносных формациях (регионах), разрезы которых представлены полными литонаборами. Это естественно, т. к. каждому литонабору соответствует характерная для него минерализация, накоплению которой благоприятствовали определенные условия седиментации, диагенеза и эпигенеза [4].

Калиеносные формации включают обширный комплекс соляных минералов — хлоридов и сульфатов Са, Na, К и Mg. Из них наиважнейшее практическое значение имеют галит, сильвин, карналлит, бишофит (тахгидрит), каинит, лангбейнит, полигалит, кизерит и ангидрит. Наиболее широко распространены калиеносные формации хло-

ридного типа, в которых залежи калийно-магниевого солей представлены хлоридами — сильвинитом, карналлитом и бишофитом (или тахидритом) [7]. Соответственно выделяют три подтипа этих формаций: сильвинит-галитовый, сильвинит-карналлит-галитовый и сильвинит-карналлит-бишофит (тахидрит)-галитовый.

В Европе и Америке известны пермские калиеносные формации сульфатно-хлоридного типа. В их разрезе, кроме преобладающих залежей хлоридных калийно-магневых солей, в менее значительных объемах отмечаются сернокислые калийно-магневые породы — полигалитовая, лангбейнитовая, каинитовая и кизеритовая. Формации часто бороносные. Минеральный состав боратов определяется литологией пород бороносных горизонтов данных калиеносных формаций. При выходе этих пород в зону гипергенеза образуются месторождения остаточных боратов.

Некоторые миоценовые калиеносные формации почти уникальны, поскольку их залежи калийно-магневых солей сложены преимущественно такими сульфатными минералами, как каинит, лангбейнит, кизерит и полигалит. Эти формации относятся к типу сульфатных калиеносных формаций. Для них характерны высокая глинистость их разреза и соляных пород, наличие единичных маломощных пластов ангидрита, почти полное отсутствие карбонатных пород.

Хлоридные калийно-магневые соли отличаются высоким содержанием брома, достигающим промышленных значений в карналлитовых и особенно бишофитовых породах. В последние десятилетия в карналлитовых породах обнаружены горизонты с повышенным содержанием рубидия, а иногда и цезия.

Выше перечислены полезные ископаемые, выявленные в соляных пластах калиеносных формаций и используемые в настоящее время горнодобывающей промышленностью. Прежде всего это каменная и калийно-магневая соли, бораты, бром и рубидий. Однако, кроме традиционного промышленного соляного минерального сырья с калиеносными формациями, вернее с их ангидрит-карбонатно-терригенными горизонтами и комплексами, связано немало других полезных ископаемых. Полезными ископаемыми являются и сами породы этих горизонтов, такие как гипс и карбонатные. С последними связаны также

месторождения самородной серы, которые довольно широко распространены прежде всего в тех регионах, где в отложениях, подстилающих калиеносные породы, присутствовали углеводороды. Залежи самородной серы образуются и в карбонатно-гипсовых кепроках солянокупольных структур. Серообразованию благоприятствовали соседство калиеносных формаций с нефтегазовыми месторождениями и наличие дизъюнктивной тектоники.

В периферийных ангидрит-карбонатных комплексах калиеносных формаций довольно часто встречаются целестинсодержащие (иногда с баритом) горизонты, реже флюоритсодержащие. Целестинсодержащие горизонты имеются почти во всех калиеносных формациях, включающих ангидрит-карбонатные породы. Если пласты ангидрита и карбонатных пород чередуются, то целестинсодержащих горизонтов в разрезе формации может быть несколько. Флюоритсодержащие горизонты отличаются невысокой концентрацией флюорита. Более богаты флюоритом (до 30—50 %) карбонатные горизонты пермских калиеносных формаций цехштейна (Германия) и кунгура Башкирского Предуралья. С карбонатными породами периферийных литокомплексов калиеносных формаций связана местами свинцово-цинковая сульфидная минерализация, а иногда ртутное и марганцевое оруденение. В отложениях, вмещающих эти формации, встречаются горизонты медистых песчаников или сланцев, являющихся медными рудами.

Каждому типу калиеносных формаций свойственны определенный комплекс минеральных солей, рудная и нерудная минерализация. Такая дифференциация возникает в результате изменения в солеродных бассейнах условий седиментации и формирования различных литонаборов типовых их разрезов [7].

Калиеносные формации хлоридного типа наиболее распространены и встречаются среди кембрийских, девонских, пермских, триасовых, юрских, меловых и палеогеновых отложений. Залежи калийно-магневых солей сложены в них преимущественно сильвинитом и карналлитом, иногда только сильвинитом. К меловым формациям Южной Америки, Западной Африки, Таиланда и Лаоса приурочены залежи

бишофита (или тахгидрита). Калийно-магниево-соли этого типа формаций часто обогащены бромом, содержание которого возрастает от сильвинитов к карналлитам и достигает максимальных значений в бишофитах. В карналлитах и бишофитах содержание брома нередко достигает промышленных концентраций, достаточных для попутной добычи.

В нижних карналлитовых пластах некоторых формаций обнаружено повышенное содержание рубидия, а в верхних — иногда и цезия. Таким образом, калийно-магневые породы являются комплексным минеральным сырьем.

Калиеносные формации хлоридного типа, кроме калийно-магневых солей, являются источником чистой каменной соли, а также карбонатных пород, в т. ч. пригодных для производства соды. Промышленный интерес представляют ангидритовые пластины данных формаций, в зоне гипергенеза превращающиеся в гипсовые и становящиеся доступными для рентабельной эксплуатации.

К ангидрит-карбонатным горизонтам этих формаций приурочены месторождения самородной серы, а также пропластки целестина и флюоритсодержащих пород. Их образование связано преимущественно с постседиментационными процессами, обусловленными поступлением углеводородов и регенерацией сульфатов, а также улавливанием на сероводородных барьерах из мигрирующих по разломам минерализованных вод стронция, бария, фтора и даже полиметаллов. В калиеносных регионах эти процессы распространились достаточно широко вследствие того, что многие мощные калиеносные формации служат хорошими экранами для поднимающихся из недр углеводородов и создания в их сульфатно-карбонатных горизонтах сероводородных гидрокимических барьеров. Благодаря экранам в подсолесевых отложениях, часто имеющих блоковое строение, образовывались крупные месторождения нефти и газа.

Для разрезов калиеносных формаций сульфатно-хлоридного типа, кроме указанного комплекса полезных ископаемых, обнаруживаемых в формациях хлоридного типа, в тех или иных количествах характерны сульфатные калийно-магневые соли — каинит, лангбейнит, полигалит, кизерит. Изредка в

периферийных комплексах формаций и на выходах их в зону гипергенеза отмечаются горизонты с сульфатами натрия — тенардитом и мирабилитом.

С калиеносными формациями сульфатно-хлоридного типа часто связана наиболее значительная бороносность соляных пород разреза калиеносных зон. Осадители бора — обычно магневые соединения. Минералогия боратов в коренных породах формаций данного типа очень разнообразна. Их катионный состав определяется литологией вмещающих соляных горизонтов. В гипергенных надсолесевых гипсово-карбонатных «шляпах» формаций образуются залежи остаточных боратов.

Наличие в калиеносных формациях сульфатно-хлоридного типа магнезиальных солей даже на ранних стадиях засоления бассейнов (например, полигалита) и разнообразие их минерального состава свидетельствуют о повышенных содержаниях магния в рапе. Среди карбонатных пород преобладают более высокомагнезиальные доломиты, включающие иногда магнезитовые пропластки. Присутствие пеплового материала в терригенных горизонтах позволяет предполагать поступление в бассейны не только минеральных вод с прилежащего континента, но и глубинных гидротерм. Возможно, этим и обусловлены специфическая более значительная бороносность соляных пород калиеносных формаций данного типа, часто высокое содержание рубидия и цезия в пропластках карналлитовых пород, наличие флюоритовой, полиметаллической и марганцевой минерализации в карбонатных породах прибортовых частей солеродных бассейнов, а также медного оруденения в подсолесевых терригенных отложениях. Разрезы калиеносных формаций сульфатного типа характеризуются определенным литологическим составом, и прежде всего специфической минералогией калийно-магневых солей. Их отличает высокая глинистость соляных пород разреза, небольшой объем ангидритовых пластов и часто полное отсутствие в разрезе карбонатных пород. Калийно-магневые соли представлены преимущественно сульфатными минералами — лангбейнитом, каинитом, полигалитом, кизеритом и др. Из хлоридов промышленное значение в формациях обычно имеют сильвинит, значительно реже карналлитовая порода.

Из-за высокой глинистости разреза (в т. ч. залежей калийно-магниевых солей) калиеносных формаций сульфатного типа в их породах не отмечается высоких концентраций микрокомпонентов — рубидия, цезия, бора, брома и др. Боратов в сколько-нибудь существенных количествах практически нет, даже несмотря на благоприятно высокую магнезиальность пород этих формаций. В результате проникновения подсолевых углеводородов в нижние горизонты калиеносных формаций сульфатного типа формировались залежи озокерита, асфальта, кира. Там, где локально в разрезе присутствовали пласты ангидрита, иногда образовывались залежи самородной серы, накапливалась сульфидная свинцово-цинковая минерализация.

Над выходами залежей калийно-магниевых солей в зону гипергенеза формировались гипсово-глинистые «шляпы» со специфическими горизонтами глазерит- и мирабилитсодержащих пород. С этими породами, локально битуминозными (озокеритсодержащими образованиями), в Предкарпатье связано формирование месторождений бальнеологических минеральных вод (Трускавец, Моршин).

Таким образом, минерагения различных типов и даже подтипов калиеносных формаций достаточно специфична. Бытовавшее ранее представление о стерильности галогенных формаций на несоляные полезные ископаемые в настоящее время пересматривается. Хлориды и сульфаты этих формаций на различных стадиях их седиментации и дальнейших преобразований способствовали миграции и переотложению ряда сопутствующих минеральных (в т. ч. и рудных) компонентов. Изменение представлений о минерагении калиеносных формаций требует более детального комплексного изучения их литологии и минерального сырья [8]. Тщательного литолого-геохимического исследования заслуживают не только горизонты минеральных солей, являющиеся основными объектами поисков и разведки, но и внутриформационные терригенно-карбонатно-ангидритовые толщи, гипергенные образования и подсолевые отложения. Эпохи соленакпления начинались с резких изменений геологической обстановки, особенно тектонических и климатических условий. Приуроченность

солеродных бассейнов к крупным интенсивно погружавшимся по протяженным разломам структурным элементам земной коры и фундамента обусловила то, что уже на начальных этапах их засолонения садка терригенного материала и карбонатов сменялась отложением сульфатов, а позднее галита. В обстановке интенсивного прогибания и подвижек по разломам в бассейн могли поступать рудоносные гидротермальные растворы, подобно тому, как это происходит в Мертвом и Красном морях. Вследствие интенсивного сульфатного засолонения и массовой гибели имевшейся и поступающей в бассейн органики возникали зоны сероводородного заражения, служившие гидрохимическими барьерами, на которых улавливались и осаждались рудные компоненты. Именно в таких условиях в самых низах разреза галогенных формаций, в их периферийных литокомплексах или соседних латеральных эквивалентах образовывались горизонты медистых песчаников и сланцев, а затем карбонатных пород со свинцово-цинковым оруденением. Такова же примерно позиция свинцово-цинковых месторождений в подсолевых или обрамляющих галогенные отложения карбонатных рифах (Пайн Поинт, Канада) [9]. Во всех этих ситуациях благоприятная обстановка для рудообразования создавалась в результате галогенеза — выноса рудного вещества хлоридными растворами и осадения его у сульфатных (сероводородных) барьеров.

В дальнейшем, в основную фазу накопления мощных соляных толщ, последние часто на значительной площади становились надежными экранами для находящихся в подсолевых отложениях рудоносных растворов и углеводородов. Однако в периферийных полосах соленосных бассейнов, где мощность соленосных отложений, как правило, невелика или они разбиты разломами, а местами и вовсе отсутствуют, рудоносные растворы могли поступать даже в рапу и осадки бассейна с фиксацией свинцово-цинкового оруденения, марганцевой минерализации, барита, флюорита, целестина в некоторых карбонатных горизонтах, опять же на сульфатных (сероводородных) барьерах.

На завершающей стадии галогенеза в покровных карбонатно-сульфатных

толщах или кепроках солянокупольных структур вновь местами возникали благоприятные условия для формирования свинцово-цинкового оруденения, жильного барита, целестина и флюорита.

В результате диагенеза в основном происходило перераспределение целестина и флюорита, которые образуют в карбонатных толщах, вмещающих гадогенные формации, стратиформные целестин- и флюоритосодержащие (ратовкитовые) горизонты с относительно невысокими концентрациями этих минералов.

Определенные наборы минерализации характерны не только для каждого типа и подтипа калиеносных формаций, но и для различных их литокомплексов [6]. Это позволяет прогнозировать возможность их присутствия как в конкретных калиеносных регионах, так и детализировать особенности распределения минерального сырья по отдельным площадям регионов. Установленные закономерности приуроченности различной минерализации к типам пород, часто с достаточно четкой стратификацией (положением в разрезе формации), способствуют дальнейшему уточнению объектов (площадей и горизонтов формаций) прогноза и поисков.

Значительная часть площади распространения калиеносных формаций сложена преимущественно соляными породами. Соляной литокомплекс обрамляется ангидрит-карбонатно-терригенными. К периферии калиеносных бассейнов мощность формаций уменьшается, особенно резко за пределами бортовых уступов (разломов). В этом же направлении в разрезах формаций возрастает роль сначала ангидритов, затем карбонатных пород и, наконец, терригенных.

Собственно соляные литокомплексы также дифференцированы: внутри ангидрит-галитового и галитового литокомплексов выделены калиеносные, представленные каменной солью с пластами различных калийных и калийно-магниевого солей. Для каждого типа калиеносных формаций характерны свои наборы калиеносных комплексов, что определяется строгой стратификацией пластов различных калийно-магниевого солей и часто сокращением площадей распространения вышележащих пластов. Местные аномалии в распределении литокомплексов обычно обусловлены локальной тектоникой

(различного рода поднятиями, уступами и т. п.).

Среди калиеносных литокомплексов формаций хлоридного типа обычно преобладают карналлит-сильвинитовые. Лишь в краевых частях площадей развития калиеносных литокомплексов и над локальными поднятиями, а также в небольших калиеносных бассейнах они иногда преимущественно сильвинитсодержащие.

В краевых частях распространения калиеносных литокомплексов калиеносных формаций сульфатно-хлоридного типа наряду с сильвинитами обнаружены полигалитовые породы. Указанные два типа калиеносных формаций в центральных частях площадей калиеносных литокомплексов иногда, кроме карналлитовой породы и сильвинитов, представлены еще и бишофитовой или тахидритовой породами. Для калиеносных формаций сульфатного типа характерно преимущественное распространение лангбейнит- и каинитсодержащих (хартзальцсодержащих) литокомплексов и только в краевых частях — сильвинитсодержащих. Выявленные особенности минерального состава и размещения калиеносных и галитового литокомплексов используются при прогнозе и поисках конкретных калийно-магниевого солей, т. к. они характерны не только для определенных типов калиеносных формаций, но и для их литокомплексов.

В калиеносных формациях сульфатно-хлоридного типа, в которых преобладают пласты сильвинита и карналлитовой породы, включающие их литокомплексы размещены примерно так же, как и в формациях хлоридного типа. Здесь более заметно участие бишофитсодержащих пород, появляются сульфатные калийно-магниевого породы (с кизеритом, каинитом, лангбейнитом). В краевых частях формаций этого типа наряду с сильвинитовыми пластами, отмечаются, а иногда и преобладают пласты полигалитовой породы. Карналлиты и особенно бишофиты обогащены бором, а карналлиты еще рубидием и цезием. Для пород разреза калиеносных формаций сульфатно-хлоридного типа характерна бороносность.

Почти уникальные калиеносные формации сульфатного типа наиболее богаты сульфатными калийно-магниевого рудами (каинитовая и лангбейни-

товая породы, хартзальц). Периферические части формаций представлены залежами сильвинитов, реже карналлитовыми породами.

С периферическими ангидрит-карбонатно-терригенными литокомплексами калиеносных формаций связаны крупные месторождения самородной серы, рудопоявления целестина, флюорита, сульфидов свинца и цинка, марганцевая минерализация. Преимущественно их месторождения приурочены к ангидрит-карбонатным литокомплексам, точнее к карбонатным горизонтам. Там, где формации экранируют нефтегазовые залежи подсоловых отложений, ангидрит-карбонатные литокомплексы часто включают различные концентрации указанной рудной и нерудной минерализации. Степень рудонасыщенности определяется литологическими особенностями разреза формаций и геолого-структурной обстановкой (характером складчатости и особенно дизъюнктивными нарушениями). Приуроченность оруденения к локальным поднятиям и разломам свидетельствует о существенной роли мигрирующих углеводородов и сопровождающих их вод в восстановлении природных сульфатов калиеносных формаций до сероводорода и самородной серы, в возникновении гидрохимических барьеров, на которых улавливались в виде сульфидов полиметаллы, а также соединения Sr, Ba, F и Mn. Эвапориты не только создавали благоприятную среду (гидрохимические барьеры) для рудообразования, но и являлись переносчиками и осадителями рудных компонентов.

Таким образом, в разрезе коренных пород калиеносных формаций, в различных их литокомплексах, связанных с определенными литологическими горизонтами, как конкретные соляные породы, так и сопровождающая их рудная и нерудная минерализация распределены достаточно закономерно. Это в полной мере свидетельствует о взаимозависимости процессов галогенеза и рудообразования не только на стадии седиментогенеза, но и при диагенезе и гипергенезе.

При образовании кор выветривания галогенных формаций или гипс-карбонатно-глинистых «шляп» из коренных пород в первую очередь удаляются легко растворимые соли. Одновременно в остаточных образованиях «шляп» нередко возрастают концентрации сопро-

вождающей галогенные формации рудной и нерудной минерализации — боратов, барита, целестина, флюорита, полиметаллов. Пласты ангидрита, подвергаясь гипсификации в зонах неглубокого залегания, становятся более доступными для эксплуатации. Боронные горизонты калиеносных формаций в зоне кор выветривания образуют залежи остаточных боратов, более богатых бором и представляющих наибольший практический интерес.

В последние годы, в связи с возросшим вниманием к роли галогенеза (и галогенных формаций) в процессах рудообразования заметно расширился комплекс минерального сырья так или иначе связанного с галогенными формациями и непосредственно вмещающими их карбонатно-терригенными толщами. Это позволило надежно и комплексно осуществлять прогнозирование и поиски минерального сырья в галогенных регионах. Однако и сейчас еще нет твердой уверенности, что эта проблема полностью решена, что выявлены весь комплекс полезных ископаемых этих формаций и особенно закономерности их образования и размещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беленицкая Г. А. Фациальные и палеотектонические модели галогенных систем и некоторые вопросы их рудоносности // Рудоносность осадочных комплексов. Л., 1989. С. 30—40.
2. Богашева Л. Г. Роль солеродных бассейнов в формировании стратиформных месторождений // Геология рудных месторождений. 1987. № 3. С. 18—29.
3. Китык В. И. Эвапориты и связанные с ними полезные ископаемые // Геология и геохимия горючих ископаемых. — Киев, 1983. Вып. 61. С. 49—55.
4. Корневский С. М. Комплекс полезных ископаемых галогенных формаций. — М.: Недра, 1973.
5. Корневский С. М. Рудоносность галогенных формаций и вмещающих их толщ // Литология и полезные ископаемые. 1984. № 3. С. 109—113.
6. Корневский С. М. Закономерности зонального размещения литокомплексов калиеносных формаций // Новые данные по геологии соленосных бассейнов Советского Союза. М., 1986. С. 3—9.
7. Корневский С. М. Литотипы калиеносных формаций // Литология и полезные ископаемые. М., 1990. № 2. С. 66—82.
8. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Под ред. Д. В. Рундквиста. — Л.: Недра, 1978.
9. Barager W. R. Geology of then lead-zinc Deposits an Pine Point // West Miner. Canada, 1966. Vol. 39. № 7. P. 52—54.

10. Dawidson C. F. Some genetic relationships between ore Deposits and Evaporites// Bull. of the Inst. of Mining and Metallurgy. London, 1966. Vol. 75. Sect. B. P. 216—225.

11. Renfro A. R. Genesis of Evaporite-Associated stratiform metalliferous Deposits-Econom// Geology. Lancaster, 1974. Vol. 69. № 1. P. 33—45.

УДК /550.43:547.9/:552.4:553.3.078

© И. Б. Волкова, 1992

Рассеянное органическое вещество черносланцевых толщ и их металлоносность

И. Б. ВОЛКОВА

Методы органической петрологии и геохимии, дифференциально-термический и рентгено-структурный анализы позволяют охарактеризовать различные признаки и свойства рассеянного органического вещества (РОВ) пород углеродистых формаций: количество и характер распределения РОВ в породах разного литологического состава, вмещающих рудные месторождения; природу исходного материала РОВ, его генетический тип и соотношение различно преобразованных в седименто- и диагенезе органических микрокомпонентов (мацералов); уровень постдиагенетической измененности ОВ, стадии углефикации или метаморфизма, а также виды метаморфизма, определившие современный облик углеродистого вещества. Указанные признаки РОВ пород отражают как первичные условия осадконакопления, так и воздействие вторичных, наложенных факторов. Степень взаимодействия органического вещества (ОВ) с процессами, обусловившими металлоносность и рудную минерализацию углеродистых комплексов может проявляться по разному на отдельных этапах их образования. В то же время понимание этих связей в значительной мере зависит от существующих представлений о генезисе самого оруденения. Основа использования информации об углеродистом веществе пород для прогнозных решений — выяснение корреляционных связей между указанными признаками, характеризующими ОВ, и данными по металлоносности.

Роль петролого-геохимических исследований РОВ черных сланцев подчеркивается и в работах международной программы геологической корреляции [10]. В предлагаемой рабочей группой США схеме описания металлоносных черных сланцев отмечена необходимость идентификации ОВ (инертинит/витринит и т. д.), определения

его генетического типа (сапропелевый; гумусовый; биомаркеры) и степени термальной зрелости (диагенез/катагенез/метаморфизм). Однако в большинстве работ, проводимых в СССР и за рубежом, рассматривается лишь пространственное совмещение рудных зон с углеродсодержащими комплексами, определяется общее количество органического углерода $C_{орг}$, без детального изучения свойств ОВ. Некоторые исследователи при этом высказывают гипотетические суждения о ювенильном углероде, углеродистом метасоматозе и т. д. [7, 8], что не согласуется с имеющимися фактическими материалами по РОВ пород углеродисторудных формаций. Петрологическое изучение ОВ таких толщ в ряде районов показывает, что большей частью оно имеет седиментогенное происхождение и образовалось за счет фоссилизированного растительного материала [2, 3, 4, 5]. В составе палеобиогенного ОВ пород Центральных Кызылкумов преобладают смешанные гумусово-сапропелевые и сапропелево-гумусовые типы. В породах золоторудного месторождения Южного Верхоянья распространено в основном гумусовое структурное ОВ. Шунтитовые породы Карелии содержат сапропелевый тип ОВ и местами остатки, вероятно, более высокоорганизованных растений [3, 6]. По данным оптических определений и элементного анализа органической массы (керогена) намечаются некоторые региональные закономерности метаморфизма ОВ в изученных районах. Установлены переходы метаантрацитового ОВ в графит и мезофазу. В Центральных Кызылкумах на материале сверхглубокой Мурунтауской скважины по оптическим свойствам РОВ пород выделены зоны графитизации, связанные с метасоматическими изменениями и локальным обогащением комплексов рудных элементов.

Несмотря на общие благоприятные теоретические предпосылки роли ОВ в концентрации различных элементов, материал по конкретно изученным районам позволяет выявить сложные и не всегда однозначные их соотношения. Анализ полученных данных, включая обработку результатов определений элементов методами многомерной статистики (метод главных компонент факторного анализа, кластерный анализ), позволяет наметить некоторые связи между свойствами и количеством ОВ в породах и концентрацией в них рудных элементов. Соотношения между степенью обогащенности пород углеродистым веществом и их металлоносностью зависят от ряда факторов — условий осадконакопления, проявления вторичных процессов, неоднократности этапов минерализации. В породах углеродисто-золоторудных формаций Центральных Кызылкумов намечается, по крайней мере, две ассоциации элементов. В одной из них концентрация золота коррелируется с элементами, характеризующими осадочный процесс, в котором участвовало и палеобιοгенное растительное РОВ. В другой ассоциации содержание золота теснее связано с железом (эндогенным элементом?). Влияние наложенных процессов на концентрацию элементов заметно проявляется при сравнении различных месторождений Центральных Кызылкумов (табл. 1). На Мурунтау и Косманачи, где сильнее проявлены метасоматические процессы, роль первого фактора, с которым связаны *биофильные* элементы, значительно ниже, чем на месторождениях Даугызтау и Высоковольное. Следует отметить ведущее значение серебра в самостоятельной компоненте, отражающей гидротермальную (?) минерализацию.

Положительным фактором для формирования рудных концентраций является не просто наличие органического углерода, а сочетание его с повышенным количеством серы в породе. Компоненты (факторы), в которых значительную роль играет ОВ, не входят в число первых, а занимают второе более низкое положение.

Сравнение содержаний золота и серебра в исходных породах и выделенном из них керогене, определенном методом нейтронноактивационного анализа, отчетливо показывает, что

количество этих металлов (и ряда других связанных с ними элементов) значительно возрастает в концентратах РОВ (табл. 2). Определение благородных металлов в паре порода — кероген методом атомной абсорбции по месторождениям Западного Узбекистана* также выявляет увеличение содержания золота, серебра, палладия и платины в ОВ. Тем не менее не всегда удается найти количественную корреляцию между содержанием РОВ и концентрацией металлов.

Как уже отмечалось, ОВ пород рассматриваемых районов представлено седиментогенным материалом угольного ряда. Твердые включения миграционной природы хотя иногда и встречаются, в целом имеют резко подчиненное значение. Они представлены прожилками графита, образовавшегося за счет УВ, выделявшихся при метаморфизме осадочного ОВ. Графит развит по эпигенетическим трещинам, секущим первичную слоистость пород (Кокпатас, Даугызтау). В исходном материале седиментогенного ОВ участвуют как остатки низших растений, микроорганизмов, так и продукты преобразования высшей растительности. В породах изученных углеродистых формаций, особенно при повышенном содержании в них ОВ, преобладают мацералы группы витринита. Последние, как показано работами по угольным месторождениям, отличаются повышенной способностью концентрировать различные элементы. Наличие сингенетических остатков высших растений в составе РОВ пород можно рассматривать как доказательство неглубоководных условий их накопления.

Исходный материал ОВ, средние содержания элементов в породах, значения Fe—Mn—Ti и Fe—Mn—Al модулей свидетельствуют о сходстве литолого-фациальных обстановок осадконакопления изученных углеродистых формаций, их близости к угленосным толщам и преобладании нормальных осадочных процессов, существовавших отложению органических остатков (табл. 3). В данной таблице

* Исследования по органической химии проводились М. В. Богдановой, определение металлов — методом атомной абсорбции — в микроаналитической лаборатории ВСЕГЕИ.

1. Матрица компонентных нагрузок. Малые элементы в породах Центральных Кызылкумов

Элементы	Месторождения					
	Даугызтау и Высоковольное			Мурунтау и Косманачи		
	Компоненты					
	1	2	3	1	2	3
As	—0,09	0,62*	—0,42	—0,01	0,04	0,08
Sc	0,39	0,57	0,08	0,1	0,77	0,35
Cr	0,94	0,14	0,07	0,92	—0,04	0,19
Pb	0,8	—0,18	—0,37	0,24	0,07	0,87
Mn	—0,44	0,7	—0,12	—0,14	0,66	0,4
V	0,96	0,01	0,1	0,64	—0,35	0,03
Mo	0,8	0,26	0,38	0,84	0,01	—0,28
Ag	0,29	0,53	0,59	0,33	0,03	0,87
Cu	0,92	0,01	0,15	—0,01	0,39	0,05
Ni	0,53	0,56	0,53	0,86	0,2	—0,21
Co	0,15	0,49	0,49	0,18	0,88	—0,13
Масса компонент, %	42,5	19,6	12,6	26,8	19,4	18

* Выделенные цифры — значимые в данной компоненте элементы: обработаны результаты спектрального полуколичественного анализа

2. Относительные содержания элементов в концентратах РОВ по сравнению с исходными породами Западного Узбекистана [1]

Место- рожде- ние	Число проб	Содер- жание Сорг в породе, %	Стадия углефици- кации ОВ	Au	S	As	Sb	Fe	Co	Cs	Eu		Th
Даугыз- тау	7	2,2	ПА—А*	16,4	12,3	5,6	2	3,4	11,2	0,2	1,5	2,3	1,1
Мард- жанбу- лак	7	4,5	А	8,7	6,9	6,8	2,2	4,6	3,4	0,3	2,6	0,7	1,2
Мурун- тау	8	1,9	МА	9,1	5	1,2	3	2,4	44,1	0,1	2,2	1,6	2,5
Чорми- тан	4	1,1	Графит	16	9	8,8	2,6	4,6	3,4	0,3	2,6	2,2	3,5

* Стадии углефикации ОВ: ПА — полуантрацитовая, А — антрацитовая, МА — метаантрацитовая

приведен полуколичественный анализ, где макроэлементы даны в процен-тах, а микроэлементы в граммах на тонну. Можно отметить, что в черно-сланцевых формациях большую роль играли морские фации. Это особенно видно на примере Кокпатасского мес-торождения, где наблюдается самый высокий Ca/Mg коэффициент и, как

известно, в разрезе развиты известняки. Из определявшихся микроэлементов в породах углеродистых формаций суще-ственно увеличивается количество се-ребра, мышьяка, уменьшается содер-жание марганца.

Количественный анализ связи пока-зателей метаморфизма РОВ пород с их металлоносностью показал, что

3. Средние содержания элементов и некоторые их соотношения в породах изученных районов

Элементы	Угольные бассейны	Месторождения				
		Печенгское, Шуньгское	Мурунтау, Косманачи, Амантайтау	Даугызтау, Высоковольское	Кокпатас	Чормитан, Марджанбулак
V	321	380,8	319,9	406	165,4	312,2
Cr	85,7	103,1	83	87,1	51,6	112,7
Mn	952,5	520,9	391,3	526	550	750
Co	27,1	31,3	32,8	36,5	35,8	47,3
Ni	64,9	107,9	70,1	86	82,9	134,2
Sc	22,7	21,6	13,2	8,4	1,3	41,1
Mo	12,2	43,3	16,7	21,7	5,6	24,9
Cu	157,7	141,9	54,3	90,5	42,8	189,6
Pb	84,3	18,7	22,9	13,4	3,8	64,2
Zn	160,2	190,2	74,4	149,8	26	202,7
Ag	0,7	1,5	4,4	10,9	2,5	12,8
As	127,3	29,4	797,3	2177,1	2282,7	2115,4
Si	>10	>10	>10	>10	>10	>10
Al	7,5	4,5	7,4	6,2	5,3	7
Mg	0,9	2,1	2,2	2,4	2,3	3,1
Ca	0,8	1,4	1,1	1,3	2,9	1,5
Fe	3,9	2,9	3,8	3,5	2,1	4,2
Ba	0,1	0,02	0,08	0,07	0,07	0,31
Na	0,6	2,2	1,9	2,6	2,8	4,8
K	1,5	0,8	2,8	1,5	2	1,2
Ti	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5
(Fe+Mn)/Ti	10	9,8	9,6	11,8	10,8	8,5
100Al/(Al+Fe+Mn)	65,2	60,4	65,8	63,6	71,1	62,1
Ca/Mg	0,9	0,7	0,5	0,5	1,3	0,5
Ca/Fe	0,2	0,5	0,3	0,4	1,4	0,4
Fe/Al	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6
V/Sc	14,1	17,6	24,2	48,3	127,2	7,8
Число анализов	56	187	76	118	52	26

между ними выявляются некоторые зависимости. Конкретная взаимосвязь между признаками постдиагенетического изменения ОБ и содержанием элементов отмечается в отдельных случаях (Мурунтау). По оптическим и химическим свойствам РОВ пород изученных районов отвечает заключительному этапу катагенеза и метакатагенезу, захватывая начало зеленосланцевой фации метаморфизма. Показатель отражения органических частиц (витринита) составляет в большинстве случаев 5—7 % (R°). По данным рентгенографического анализа основная часть углеродистого материала находится в виде угольного (неграфитового) вещества, в котором все слои разупорядочены [3, 6]. Оно характеризуется межплоскостным расстоянием $d_{002} \geq 0,35$ нм. Доля беспорядочно ориентированных слоев в

пачках: $p=1$; среднее число углеродных слоев в пачках: $M \sim 5-10$. В некоторых образцах угольное вещество обнаруживает признаки начальной графитизации: $0,34 < d_{002} < 0,35$; $0,5 < p < 1$. Встречающийся местами графит характеризуется: $0,335 \leq d_{002} \leq 0,34$ нм; $0 < p < 0,5$, $M \sim 100$.

Регионально метаморфизованные породы рудных районов Центральных Кызылкумов, судя по углепетрографическим данным; испытали воздействие температур порядка 300—400 °С. При этом геотермический градиент был значительно более высоким, чем в нормальных осадочных бассейнах [9, 12]. Относительно определения палеогеотермического режима и градиентов в районах развития углеродисторудных формаций следует заметить, что опыт таких палеорекопструкций по оптическим свойствам

ОВ весьма ограничен. В нормальных осадочных бассейнах на 1 км разреза показатель отражения витринита пород возрастает обычно на 0,3—0,4 % [12]. В гипертермических бассейнах эта величина может достигать 1 % и более на 1 км.

В разрезе скважины СГ-10 (Мурунтауская), изученной до глубины 3000 м, более метаморфизованное ОВ связано главным образом с породами, в которых содержание $C_{орг}$ понижено, т. е. с теми интервалами, где наблюдаются метасоматические изменения, окремнение, повышенная сульфидизация. Вместе с тем, с глубиной отмечается довольно закономерное повышение степени углефикации ОВ, несмотря на ее колебания в отдельных интервалах. В верхней части разреза, до глубины 1500 м, средние значения R° частиц ОВ не превышает 6,9 %, составляя 6,6—6,7 %. С глубины 2600 м R° ОВ в среднем достигает 7,6 %. Эти данные в два раза и более выше и отвечают условиям гипертермических бассейнов.

Краткое изложение результатов сопоставительного изучения металлоносности пород черносланцевых толщ с количеством и свойствами содержащегося в них РОВ показывает одновременно сложность проблемы и перспективность таких исследований. Выявление прямых корреляций во многих случаях затруднено эволюцией ОВ во времени, полигенным характером минерализации и оруденения в черных сланцах. Концентрация элементов происходит в различные этапы формирования углеводистых толщ и соответственно может быть связана с разными свойствами ОВ.

Проведенные исследования и анализ литературных материалов приводят к выводу о том, что всестороннее изучение РОВ осадочно-метаморфических пород, вмещающих рудные месторождения, должно составлять в настоящее время необходимый элемент общего комплекса геолого-геохимических и металлогенических работ. Только при

условии объединения усилий различных специалистов: рудников, геохимиков, углепетрографов, литологов и других — эта трудная и во многом еще не исследованная проблема найдет свое истинное решение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданова М. В., Волкова И. Б. О связи биогенного углерода с металлоносностью черносланцевых формаций//Тезисы докл. II Всесоюз. совещания по геохимии углерода. М., 1986. С. 135—137.
2. Волкова И. Б. Углепетрографические особенности включений органического вещества в черных сланцах//Химия твердого топлива. 1982. № 4. С. 11—16.
3. Волкова И. Б. Органическая петрология. — Л.: Недра, 1990.
4. Волкова И. Б., Богданова М. В. О природе углеродистого вещества на примере некоторых золоторудных формаций//Сов. геология. 1982. № 10. С. 90—93.
5. Волкова И. Б., Богданова М. В. Рассеянное органическое вещество древних черносланцевых толщ и методика его изучения//Проблемы осадочной геологии докембрия. М., Наука, 1981. Кн. 2. С. 115—121.
6. Волкова И. Б., Богданова М. В. Типы и метаморфизм остаточного биогенного углерода в осадочно-золоторудных формациях//Тез. докл. Всесоюз. совещания по геохимии углерода. М., 1981. С. 65—67.
7. Иванкин П. Ф., Иншин П. В. О взаимосвязи углерода и воды в петрогенезисе//Сов. геология. 1977. № 1. С. 35—46.
8. Иванкин П. Ф., Назарова Н. И. О природе металлоносных черных сланцев//Тез. докл. Междунар. симпозиума «Бассейны черносланцевой седиментации и связанные с ними полезные ископаемые». Новосибирск, 1991. Т. I. С. 41—42.
9. Петрология органических веществ в геологии горючих ископаемых/И. И. Аммосов, В. И. Горшков, Н. П. Гречишников и др. — М.: Наука, 1987.
10. Metalliferous black shales and related ore deposits—Proceed., 1989. U. S. Working group meeting, Intern. Geol. Correlation Program project 254. 1990, Ed: R. I. Grauch, H. L. O. Nuyck. (U. S. Geol. Survey circular 1058).
11. Organics and ore deposits. Proceed. Denver region exploration geol. Soc. Symposium. Ed. W. E. Dean. 1986.
12. Robert P. Histoire geothermique et diagenese organique. Bull. Centres Rech. — Explor. — Prod. Elf—Aquitaine. Pau, 1985, mem. 8.

Геологическая съемка и геокартографирование

УДК 550.8:528(084.3):338.984.2

© А. И. Бурдэ, В. К. Путинцев, С. И. Стрельников, 1992

Геологосъемочные работы — 90-е годы и перспектива

А. И. БУРДЭ, В. К. ПУТИНЦЕВ, С. И. СТРЕЛЬНИКОВ

Сведения о геологических структурах, горных породах, полезных ископаемых, подземных водах, явлениях и процессах — важнейшие части научной информационной основы народного хозяйства.

Во всем мире фундаментальную геологическую информацию по регионам получают с помощью геологосъемочных работ (ГСР), а также в последнее десятилетие и специальных региональных геологических исследований (РГИ), включающих изучение строения литосферы и мантии по геотраверсам, сверхглубокое и глубокое бурение и др.

К настоящему времени региональная геологическая изученность территории нашей страны в целом соответствует уровню изученности в других странах, таких как США, Канада, Австрия и др., но тем не менее она уступает значительно по уровню изученности таким, как Великобритания, Франция, Германия и др.

При общей удовлетворительной степени геологической изученности страны ее регионы исследованы различно

(таблица). Платформенные области засняты в меньшей степени, чем складчатые. Изученность небольших по площади республик — Армения, Грузия и др., как правило, выше, чем больших — Украина, Россия, Казахстан и др. Россия наиболее плохо изучена (по всем видам съемок примерно на 15—30 % ниже), особенно территории Центрального и Центрально-Черноземного экономических районов, где по ряду областей (Орловская, Брянская, Смоленская и др.) геологическая заснятость в м-бе 1 : 50 000 составляет всего 1—5 %.

В настоящее время более 65 % геологических карт м-ба 1 : 200 000 и примерно 50 % м-ба 1 : 50 000 имеют возраст 20 лет и более (при средних сроках старения 50 % геологических карт 15—20 лет), т. е. в значительной степени они потеряли информативность [16, 4].

В основу развития ГСР и частично РГИ в период 30—80-х годов была заложена идеология индустриального развития народного хозяйства страны в целом и тенденции ее развития по

Геологическая изученность территории СССР на 1990 г.

Геологические работы	Изученность территории Союза, %*		
	Масштаб		
	крупный	средний	мелкий
Геологическая съемка	27,23	95,43	94,24
АФГК	2,72	27,3	0,59
ГГК	0,5	1,51	6,27
ГДП	2,67	7,89	—
Космофото	—	—	—
Геокартирование	—	5,29	21,52
Гидрогеологическая изученность	6,59	38,51	20,21
Съемка для целей мелиорации	0,39	4,08	—
Инженерно-геологическая съемка	5,63	13,17	36,39
Аэромагнитная съемка	79,46	92,02	53,26
Гравиметрическая съемка	15,71	78,23	66,36
Геохимическая съемка	24	22	—
(Г. М. Беляев, 1990)	—	—	—

* Общая площадь Союза 21935162 (суша) км²
Площадь крупных водных пространств 337738 км²

принципу догнать и перегнать. Основными особенностями ГСР и РГИ в этот период стали:

1. Узкая специализация в виде приоритетного значения поисков полезных ископаемых, когда не учитывались другие направления использования региональной геологической информации (планирование строительства и мелиорации сельхозугодий, оценка состояния экогеологической среды и др., вплоть до нужд здравоохранения).

2. Прагматизм, наиболее четко выраженный в стремлении получить непосредственный практический результат в виде выявленных перспективных участков (поисковая эффективность) или рассчитанных на этой основе возможных прибылей от открытия предполагаемого месторождения (условная экономическая эффективность), хотя, как известно, для большинства полезных ископаемых (местные строительные материалы не в счет) срок от момента выявления перспективного участка до начала эксплуатации месторождения не только у нас, но и за рубежом составляет 15—20 лет, а вероятность перехода перспективного участка в ранг месторождения по зарубежным и отечественным материалам колеблется от 0,1—0,25 (для угля, железа, фосфоритов и т. п.) до 0,005—0,03 (для цветных и редких металлов). Прагматические подходы в сочетании с узкой специализацией создали неоправданный перекос в сторону поисков и распределения сил и средств, выделяемых на проведение ГСР (особенно крупного масштаба).

3. Господство затратного механизма в геологоразведочном производстве: погоня за формальными физическими показателями (выполнение плана в денежном выражении, натуральные показатели, получение прибыли и т. п.). С этим связана бюрократизация не только ГСР и РГИ, но и всего геологоразведочного процесса, и как следствие дегуманизация ГСР и РГИ, выразившаяся в потере интереса к получению новой геологической информации, применению новых методов и т. д.

4. Регионализм — стремление замкнуться в своем регионе вне зависимости от целесообразности продолжения работ в нем.

Все это привело к тому, что в геологической службе накопился огромный объем лишь частично обработанной

информации. При этом обработка ее с позиции применяемых экономических характеристик (выработка, прибыль, фонд оплаты и т. п.) была невыгодна, т. к. требовала в основном затрат инженерного труда при ограниченных объемах технических работ и, следовательно, приводила к уменьшению общих объемов работ с неизбежными отрицательными экономическими последствиями (уменьшение выработки на человека, фонда оплаты труда и др.). Нелепость этого положения в сочетании с изменением положения в стране (суверенитет республик, изменение собственности на землю и недра) и в мировом сообществе (сокращение роста потребностей в минеральном сырье, развитие ресурсосберегающих технологий и т. п.) создали необходимость разработки новой концепции ГСР и РГИ.

Новая концепция ГСР и РГИ разработана в 1989 г. группой сотрудников ВСЕГЕИ (А. И. Бурдэ, А. С. Егоров, В. К. Путинцев, Р. И. Соколов, С. И. Стрельников, Г. Н. Шапошников) и Мингео СССР (Н. В. Межеловский, А. Ф. Морозов) на основе анализа состояния геологической изученности СССР, отечественного и мирового опыта проведения ГСР и РГИ [13—16, 24].

Ядро новой концепции — идея создания многофункциональной комплексной геологической основы хозяйства страны путем переноса внимания с процесса выполнения физических объемов ГСР и РГИ на процесс возможно более полной обработки и интерпретации уже накопленных геологических, геофизических, геохимических и других материалов при минимально необходимых дополнительных работах. Эта идея находится в русле общих тенденций преобразования индустриального развития производства и общества в постиндустриальное [21, 22]. Она знаменует переход к информационно-гуманитарному направлению познания поверхности земли и ее недр на основе полного использования интеллектуальных способностей и личностных особенностей исследователя, подкрепленных современной информационной техникой и технологией, и расширение сферы использования материалов ГСР и РГИ в развитии общества (как стремление к принятой во всем мире диверсификации любой области человеческой деятельности — важней-

шего пути повышения ее устойчивости в быстро меняющейся обстановке). Новая концепция предусматривает создание многофункциональной геологической основы путем подготовки новой серии Госгеолкарты м-ба 1 : 200 000 (А. И. Бурдэ, Н. В. Межеловский, В. К. Путинцев, Р. И. Соколов и др.) и комплексной обработки материалов геотраверсов, глубокого и сверхглубокого бурения и других глубинных данных (А. С. Егоров, В. И. Горбачев, А. В. Егоркин, В. В. Кениг и др.). Новая серия Госгеолкарты-200 должна создаваться при комплексной обработке и интерпретации всех имеющихся геологических (в широком смысле) материалов и содержать сведения, необходимые для решения не только минерально-сырьевых задач, но и использоваться в других отраслях деятельности. С этой целью в состав ее комплекта вводятся карты четвертичных отложений и геологическая [5, 8, 14].

Новая концепция закладывает основу системы актуализации региональных геологических материалов путем их постоянного обновления на основе вновь получаемых данных.

Значительно меняется в новой концепции понимание ГСР-50, которое занимает более скромное, чем ранее [13, 15], но более естественное место — создание локальной геологической основы для решения конкретных задач в ограниченных районах.

Реализация новой концепции ГСР и РГИ выдвинула ряд новых проблем научно-методического и организационного обеспечения ГСР и РГИ. Разработка этих проблем — первоочередная задача методических исследований, однако она связана с предварительным проведением достаточно широкого и во многом непривычного круга теоретических работ, причем в значительной части относящихся не столько к ГСР и РГИ, сколько ко всей геологической науке и практике. Для выполнения ГСР и РГИ эти проблемы в наибольшей степени требуют решения уже потому, что стоимость и затраты труда на ГСР и РГИ превышают аналогичные показатели для научно-исследовательских работ отрасли более чем в 20 раз [5—17, 14—16, 18].

Не претендуя на полноту рассмотрения научно-методических и научно-

технических проблем (что должно быть предметом специальной монографии), попытаемся дать обзор некоторых направлений необходимых исследований.

Методология ГСР и РГИ — важная из проблем. Изначальной здесь должна быть разработка идеологии всего геологоразведочного процесса как ГСР, так РГИ, особенно в условиях меняющихся социальной и политической обстановок и перехода от индустриального развития к постиндустриальному (в первую очередь информационно-гуманитарному и эколого-техническому [21, 22]). Исследования подобного рода должны составлять неотъемлемую часть самосознания любой отрасли человеческой деятельности, т. е. только ясное понимание своего положения в обществе создает возможность осознанных действий по ее совершенствованию. Исследование этих проблем длительное время не проводилось. Однако уже первая попытка их рассмотрения привела к разработке новой концепции ГСР и РГИ, идеология которых включает широкий спектр вопросов — общее определение характера развития, место, роль и общее назначение в изменяющихся условиях деятельности, проблемы финансирования и рентабельности (в широком смысле) и т. д.

Второй аспект методологических исследований относится к построению научной (и в частности понятийной и терминологической) базы ГСР и РГИ. Существенное требование к такого рода разработкам — учет специфики картографических материалов [6, 7], как важнейшего конечного результата ГСР и РГИ (да и не только их). В частности, недостаточный учет этих требований приводит уже сейчас к серьезным затруднениям в картографическом использовании классификаций формаций (в первую очередь рудных), геолого-промышленных классификаций месторождений, эколого-геологических понятий и др. До сих пор нет петрографического и минералогического кодексов, а существующие и создаваемые словари и справочники недостаточно строги. Все это создает многочисленные трудности при построении карт геологического содержания. Сложные проблемы возникают и в области организации ГСР и РГИ. Важнейшими из них представляются следующие.

Во-первых, необходимость концентрации ГСР и РГИ в специализированных экспедициях. В настоящее время в России ГСР выполняются 109 экспедициями, из которых только около 30 специализированных. Не лучшим образом дело обстоит на Украине, Казахстане и др. Для такого наукоемкого вида работ как ГСР оторванность специалистов от коллектива пагубна. Опыт показывает, что одиночные геологосъемочные партии в разведочных экспедициях довольно быстро вырождаются в подобие заводских лабораторий с малой научной эффективностью. Эволюция в направлении сосредоточения ГСР в специализированных организациях ни в коей мере не означает, что никто, кроме них, не может вести геологических съемок. Наоборот, если для решения конкретных поисковых задач имеет смысл применение метода геологической съемки, то ее может проводить любая разведочная экспедиция или другая организация в любом необходимом масштабе, рассматривая ее как поисковый метод и включая в ее состав только те виды работ и методы, которые необходимы для решения конкретной задачи. Составляемые при этом карты следует рассматривать как специализированные и не эквивалентные государственным геологическим картам. В последующем на их основе будут создаваться стандартные геологические карты. Излагаемые представления не новы — они существовали в советской практике до конца 50-х годов (их ликвидация связана с излишней формализацией стадийности геологоразведочного процесса, учета изученности, внедрением экспертизы проектов и другими явлениями бюрократизации геологоразведочных работ). Они широко бытуют за рубежом.

Тем не менее назревшая задача — преодоление существующего монополизма территориальных производственных организаций (ПГО) на планирование и финансирование ГСР и РГИ на подведомственной территории, что является определенным тормозом в оптимальной организации этих работ. Нам представляется, что наиболее рационально функции планирования, регистрации и финансирования ГСР среднего и мелкого масштабов и всех РГИ сосредоточить в специальной организации (или ряде региональных

геологических центров), выступающей как представитель заказчика (государства), включая и функции приемки выполненных работ. Производственные организации, научные институты и высшие учебные заведения будут выступать перед этой организацией как соискатели получения заказа на ГСР и РГИ на конкурсной основе. Общие контуры, а тем более детали такой организации должны быть предметом самой серьезной теоретической и практической проработки с учетом опыта организации государственных геологических служб других стран.

Пересмотреть существовавшие до сих пор отношения геологических организаций республик. В новых условиях прежде всего надо сохранить один из основных принципов развития РГИ и ГСР — единообразие подходов в изучении геологического строения как территорий отдельных суверенных республик. Аксиома этого положения очевидна: невозможно составить целостное и непротиворечивое представление о строении геологических структур, имеющих, как правило, трансрегиональное развитие, если ограничиваться теми или иными административными границами. При федеративном или конфедеративном устройстве будущего Союза система межреспубликанских геологических контактов должна обеспечивать корреляцию результатов ГСР и РГИ на всем геологическом пространстве, на основе разработки согласованных технологий проведения этих работ (единых подходов к проведению ГСР и РГИ и содержанию результирующих материалов) и подготовки увязанной стратиграфической, петрологической, тектонической и других баз. Решение этих вопросов возможно через различные совместные программы. При подготовке общих стратиграфических, петрологических и прочих основ обеспечения ГСР — РГИ принципиальную роль могли бы сыграть такие структуры, как комитеты (стратиграфический, петрографический и т. п.) при придании им статуса межреспубликанских организаций.

Изложенные представления об общей организации ГСР подводят к идее создания автоматизированной системы планирования на основе банков изученности, условий проведения ГСР и задач их проведения с учетом интересов крупных экономических

регионов, республик и межреспубликанских и зарубежных связей. Создание их начато во ВСЕГЕИ в 1990 г. (А. Р. Жуков, А. И. Бурдэ, И. Э. Кутырев и др.). В дальнейшем возникает задача разработки человеко-машинной системы оптимального планирования, к которой необходимо готовиться уже сейчас.

Научно-методические проблемы развития ГСР и РГИ связаны в первую очередь с необходимостью углубленной обработки и комплексной интерпретации имеющихся и вновь получаемых материалов. Очевидно, что решение этой проблемы традиционными способами нереально из-за огромных объемов информации, начиная с ее сбора и хранения. Наиболее рациональное с этой точки зрения — создание специальных геологических информационных систем (ГИС). Подобные системы создаются за рубежом примерно 10 лет как сбор всей географической (в т. ч. и геологической в некоем упрощенном виде) информации по стране [19, 20] для рационального землепользования и налогового обложения. Для ГСР необходимы ГИС иного рода — они должны включать не только и даже может быть не столько информацию, снимаемую с карт, и сами карты, сколько первичную информацию (особенно дистанционную аэрокосмическую и аэрогеофизическую, а при разработке и аэрогеохимическую), позволяющую наладить оперативное обновление (актуализацию) всего комплекта обязательных картографических материалов, создаваемых при ГСР и РГИ.

С ГИСами тесно связана и основная технологическая проблема ГСР и РГИ — проблема интерактивной человеко-машинной обработки материалов ГСР и РГИ и составления картографических материалов на основе современных информационных технологий (см. статью В. В. Грузы и др. в данном номере журнала). К наиболее важным задачам этих разработок относятся:

1. Разработка формализованного геологического картографического языка [7] как особой семиотической системы со своими правилами построения картографических слов, предложений и т. д., до целостных картографических произведений (карт со всеми дополнительными элементами, их комплектов и атласов). Отсутствие такой

системы уже сейчас создает значительные затруднения при разработке типовых условных обозначений и попытках автоматизировать составление геологических и подобных им карт (особенно нового типа или содержания — карты закономерностей размещения полезных ископаемых, эколого-геологические и т. д.). Без свода картографических правил (картографического синтаксиса) происходит бесконечное повторение одних и тех же картографических ошибок (от них не свободны даже учебные карты).

2. Разработка теории и автоматизированных технологий составления карт, включающих процедуры картографической корреляции, структурирования и генерализации изображений. В настоящее время эти теоретические разработки только начаты и далеки от завершения [6, 11].

3. Разработка теории и человеко-машинных технологий картографического метода исследования и особенно теоретико-картографического моделирования [2, 3, 6] как основного способа получения нового геологического знания из имеющейся информации.

4. Разработка общей теории геологической картографии как части тематической картографии или, в более общем виде, как части геоиконики в рамках общих идей развития этого направления науки [3].

Наконец, существуют частные задачи разработки методики ГСР и РГИ — изучение олистостромовых или более широко микститовых комплексов, выявление и изучение конденсированных разрезов, объемное изучение отдельных типичных районов и др. Их следует разрабатывать и внедрять в практику. Однако после выпуска таких капитальных трудов как Методическое руководство по геологической съемке м-ба 1 : 50 000 в двух томах и изданиях (1974, 1978), Полевая геология (1989) в двух томах, Геологическая документация при геологосъемочных и поисковых работах (1984) время новых сводных работ не пришло. С такими работами следует подождать до середины или конца 90-х годов, когда накопится опыт проведения ГСР и РГИ в новом виде и станет ясен статус ГСР и РГИ и проводящих их организаций в системе геологоразведочных работ.

Для решения перечисленных вопро-

сов необходим прогноз развития ГСР и РГИ. По-видимому, исходными посылами прогностической модели ГСР и РГИ могут быть:

1. Сокращение темпа роста потребностей в минеральном сырье на мировом рынке и внутри страны в связи с внедрением ресурсосберегающих технологий, заменителей, использованием вторичного сырья и др. Процесс этот на мировом рынке начался еще в 80-х годах [12].

2. Сохранение в течение ближайших 20-30 лет за экспортом минерального сырья важного источника поступления валютных средств, подобно тому как это имеет место в Канаде, Австралии и ряде других стран [1].

3. Эволюция геологоразведочной службы по типу зарубежных образцов — переход большей части разведки и поисков в освоенных и частично неосвоенных районах к негосударственным организациям, добывающим предприятиям и их объединениям, а также и сосредоточение в государственных организациях наукоемких работ по ГСР и РГИ и созданию научной информационной базы хозяйства страны. Скорее всего это будет в виде геологических, геофизических и других ГИСов крупных регионов на уровне детальности м-ба 1 : 200 000 и мельче, м-ба 1 : 50 000 и более крупном для отдельных локальных районов.

В соответствии с этими основными задачами ГСР и РГИ скорее всего будут:

1. Создание единого информационного и компьютерного пространства государственный и частично негосударственных организаций в виде многоуровневой системы баз и банков данных и ГИСов различного типа и наполнения (см. статью В. В. Грузы и др.).

2. Уменьшение значения поисковых результатов для ГСР и РГИ и увеличение важности других аспектов регионального изучения с постоянной эволюцией ГСР и РГИ в сторону комплексного многофункционального научного исследования геологического (в широком смысле) строения страны и ее регионов в целом с широким применением компьютерных информационных технологий.

3. Резкое увеличение значения пред-полевой обработки имеющихся материалов с переходом к созданию до

начала полевых работ результирующих материалов вида близкого к окончательному и ограничением полевых работ в основном подтверждением или отрицанием предварительных моделей (в первую очередь различных карт — геологического строения, прогноза полезных ископаемых, геоэкологических и т. д.) и их необходимой детализацией и уточнением. Следует считать, что время обязательного сплошного «исхаживания» района ГСР уйдет в безвозвратное прошлое для работ м-ба 1 : 200 000 и мельче и различного рода обновления материалов м-ба 1 : 50 000. Очевидно, подобное построение процесса и изменение задач ГСР и РГИ должны привести к появлению нового типа геологов-региональщиков. При высокой геологической подготовке они должны достаточно полно и свободно ориентироваться в смежных отраслях геологии (и в первую очередь геофизических, геохимических и дистанционных методах и комплексе эколого-геологических исследований) и хорошо владеть компьютерными информационными технологиями. Обязательным элементом их подготовки должна быть достаточная экономико-геологическая и инженерно-психологическая подготовка, без которых деятельность геолога весьма затруднена не только в рыночных, но и современных условиях. К сожалению, современные выпускники ВУЗов достаточно далеки от такого идеала.

Наиболее реальным путем подготовки таких специалистов следует считать активное участие преподавателей и студентов в проведении ГСР и РГИ — от проектирования до представления окончательных материалов. Наиболее перспективно участие их в составлении новой серии Геолкарт-200, так же как их участие в подобных работах за рубежом [23, 24].

В заключение следует подчеркнуть, что намечаемые мероприятия по совершенствованию технологии и принципам организации ГСР и РГИ в новых условиях являются необходимыми предпосылками практической реализации концепции РГИ — ГСР [16] по обеспечению народного хозяйства современной качественной геологической основой многоцелевого назначения, без которой немислимо цивилизованное развитие любого общества, независимо от его уклада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арбатов А. А., Шакай А. Ф. Обострение сырьевой проблемы и международные отношения. — М.: Международные отношения, 1981
2. Берлянт А. М. Картографический метод исследований. — М.: МГУ, 1988.
3. Берлянт А. М. Геоизображения и геоэкономика. — М.: Знание, 1990.
4. Бурдэ А. И. Теоретические основы и методика определения комплекса методов при региональных геологосъемочных и поисковых работах. — Л.: Недра, 1978.
5. Бурдэ А. И. Геологические карты нового поколения//Природа. 1990. № 9. С. 13—19.
6. Бурдэ А. И. Картографический метод исследования при региональных геологических работах. — Л.: Недра, 1990.
7. Бурдэ А. И., Заблочкий Е. М. Проблемы теории и практики геологической картографии//Сов. геология. 1989. № 8, С. 3—10.
8. Временные положения проведения геологического доизучения ранее заснятых площадей масштаба 1 : 200 000. — Л.: ВСЕГЕИ, 1991.
9. Жамойда А. И. Геологическое картографирование в СССР в 1989—1990 гг. — Л.: 1991.
10. Забродин В. Ю. Геологическая съемка: состояние и перспективы//Бюл. МОИП. 1990. Т. 65, № 4. С. 141—150.
11. Заруцкая И. П., Красильникова Н. В. Проектирование и составление карт//Карты природы. М., 1989.
12. Кордани У. Г. Обращение президента МГСН к XXVIII сессии МГК на церемонии открытия 9 июля 1989 г. (Вашингтон, США)//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 4. С. 6—10.
13. Межеловский Н. В., Путинцев В. К., Бурдэ А. И. Основные направления и задачи регионального геологического изучения территории СССР//Сов. геол. 1988. № 3. С. 112—116.
14. Межеловский Н. В., Азров Д. П., Бурдэ А. И. Региональное геологическое изучение территории СССР — новая концепция//Сов. геол. 1990. № 7. С. 64—72.
15. Прогноз развития регионального геологического изучения территории СССР и геологосъемочных работ масштаба 1 : 50 000 с общими поисками на период до 2010 г./А. И. Бурдэ, В. Б. Кушев, М. В. Чернюк и др. — Л., ВСЕГЕИ, 1987.
16. Региональная геологическая изученность и концепция развития регионального геологического изучения СССР на перспективу (проект рекомендаций). — Л.: ВСЕГЕИ, 1990.
17. Рыбников С. Кувалдой — по хрустальному своду//Знание — сила. 1991. № 6. С. 13—18.
18. Щеглов А. Д., Путинцев В. К., Бурдэ А. И. Государственные геологические карты и проблемы теоретической геологии//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991.
19. Abstracts of presented papers. 13th ICA international conference. — Morelia, Mexico, 1987.
20. Abstracts. 14th World conference — ICA. — Budapest, 1989.
21. Information technology and civilization// A report to the Club of Rome. Helsinki, 1985.
22. Masuoka J. The information society as post-industrial society. — Tokyo, 1980.
23. McQueen K. G., Taylor G., Brown M. C., Mayer W. Intergration of teaching and research in a regional geological mapping project. — J. Geol. Educ., 1990 — P. 88—92.
24. National geologic mapping program: goals, objectives and long-range plans. U. S. Geological Survey circular, 1987, N 1020.
25. The geosciences in Canada, 1982, Part 1: An examination of the output of Geological Survey of Canada. By the Advisory Committee to the Geological Survey of Canada J. A. Coope, B. D. Anglilan, P. L. Gordy Metc. — Geol. Surv. Can. paper, 1983, N 82—6.

УДК 551.35

© М. А. Спиридонов, А. Е. Рыбалко, С. Ф. Мануйлов, 1992

Геологические исследования дна внутренних морей и крупных озер

М. А. СПИРИДОНОВ, А. Е. РЫБАЛКО, С. Ф. МАНУЙЛОВ

В 70-е годы стало окончательно ясно, что геологические исследования и тем более геологоразведочные работы не могут ограничиваться пределами современной суши. Используя накопленный к тому времени определенный опыт, геология начала бурную экспансию на огромные пространства Мирового океана, определив одной из первоочередных задач освоение континентального шельфа, а также дна внутренних морей и крупных озер.

Около 20 лет назад рассматриваемые объекты были включены в сферу научно-практической деятельности ВСЕГЕИ. Совместно с некоторыми организациями — пионерами морской

геологии в отрасли основное внимание было обращено на проблемы геологического картирования континентального шельфа и дна внутренних акваторий страны. Прежде всего эти проблемы рассматривались в плане организации и проведения геологической съемки шельфа (ГСШ). Тогда же был доказан приоритет геологической съемки шельфа в масштабе 1 : 200 000 (ГСШ-200), которая должна была обеспечить стадию регионального геологического изучения первоочередных шельфовых (морских, озерных) площадей, создавая тем самым государственную геологическую основу для всестороннего их освоения, в т. ч.

и для поисков полезных ископаемых.

Учитывая прямую преемственность ГСШ-200 по отношению к традиционной системе геологосъемочных работ, опыт которых накапливался во ВСЕГЕИ около 100 лет, а также активное и самое непосредственное внедрение специализированного подразделения института в морские геолого-разведочные работы, ВСЕГЕИ фактически занял положение головной организации отрасли по этому направлению. Именно тогда при участии ряда заинтересованных организаций была разработана концепция морского геологического картирования, а также намечены конкретные пути организации и проведения ГСШ выборочно по регионам (площадям) в масштабах 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000. Широко апробирован и одобрен специалистами первый официальный регламентирующий документ [7], разработка которого была завершена в 1981 г.

В этом документе впервые сформулированы принципы и методы ГСШ для определенных районов материковой отмели, раскрыты ее организационные особенности и рассмотрены главные результаты решения поставленных задач в виде комплекта карт шельфа. Основополагающее значение имело установление прямой связи и зависимости ГСШ-200 по отношению к геологосъемочным работам соответствующего масштаба (ГСР-200) на суше и, особенно, к их разновидности — глубинному геологическому картированию (ГГК). Одновременно подчеркивалась специфика ГСШ, где основную роль играет водная толща, судовая технология, а, следовательно, косвенные наблюдения с применением технических средств. Была разработана методика ГСШ-200, где выделялись стандартный или обязательный, рациональный или местный и полный комплексы методов, разделенные по группам профильных (в движении) и точечных (на стоянке) наблюдений. Здесь предусматривалось последовательное или параллельное применение геолого-геофизических методов исследований, главным образом с целью пересечения геологических границ на морском (озерном) дне.

Накопление и обобщение опыта ГСШ-200 привело к формированию и внедрению в практику новых научно-практических схем. Например, таких,

как картирование по срезам или ярусам донного геологического разреза, методика рекогносцировки донной обнаженности (РДО), применение для целей съемки локаций бокового обзора (ЛБО) — сонара [6].

В комплексе ГСШ-200 впервые был внедрен принципиально новый вид работ — литологическое картирование поверхности морского дна. Удалось создать и обосновать оптимальный вариант методической схемы морского картировочного бурения, где прежде всего рассматривается геологическая целесообразность и необходимые объемы наиболее технически сложного, трудоемкого и дорогостоящего метода ГСШ-200. При этом разработана идея прогрессивной альтернативы для формальных буровых сетей в виде построения прогнозных сейсмогеологических разрезов [1]. Существенные дополнения и усовершенствования были внесены в опорный метод ГСШ-200, известный как непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП), в частности, для картирования четвертичных отложений использована его высокочастотная, малоглубинная и высокоразрешающая модификация, названная геолокацией, позволившая расчленять надледниковую толщу на ряд выдержанных горизонтов, выделять зоны аккумуляции и размыва, а также приблизительно оценивать интенсивность осадконакопления.

Совершенно очевидно, что уже в 70-е годы ГСШ-200 была основательно подготовлена для практической реализации в государственных масштабах, что подкреплялось инициативной деятельностью ее региональных центров на Балтике, в Белом, Беринговом, Японском, Каспийском, Азовском и Черном морях. Однако противодействие некоторой части облеченных властью специалистов и бывшего Управления Минеральных ресурсов Мирового океана Мингео СССР под внешне благоприятными предложениями нейтрализовало усилия морских геологов-съемщиков. Тем не менее на определенные успехи ВСЕГЕИ в области разработки методики ГСШ-200 повлияло то обстоятельство, что одновременно с теоретическими исследованиями, использующими отечественные и зарубежные работы, в институте постоянно ведутся активные опытно-производственные, а в последнее время и производственные

геологосъемочные работы. Они охватили более 25 тыс. км² морского и озерного дна в Балтийском, Белом, Баренцевом, Беринговом, Японском и Черном морях, а также в Ладожском озере. В результате впервые создана геологическая (картографическая) основа для структурно-целостных субаквальных территорий. В последние годы подготавливаются к изданию совместно с ПГО «Севзапгеология» макеты государственной геологической карты в масштабе 1 : 200 000, береговая серия (листы 0-35-V, VI).

Развитие геологических исследований дна внутренних морей и крупных озер потребовало углубленного и целенаправленного рассмотрения отдельных предметно-методических направлений. Первоначально наиболее сложным представлялся вопрос об изучении и картировании дочетвертичных образований морского (озерного) дна. Надо сказать, что в этом отношении удалось наиболее успешно решить вопросы субаквальной дочетвертичной геологии применительно к зоне перехода от Балтийского кристаллического щита к Русской плите. Были разработаны новые подходы к некоторым проблемам структурной геологии, тектоники, металлогении региона и, в частности, к характеру перехода от щита к плите, где особенно четко проявился денудационно-экзарационный эффект геологического развития с ясно выраженными чертами различия по районам.

Принципиально новые данные были получены при изучении четвертичного покрова северо-западных морей СССР, а также Ладожского озера. Сейсмоакустическое профилирование в различных модификациях позволило оценить полную мощность рыхлого чехла и провести его сейсмостратиграфию [2]. Было установлено, что во всех указанных водоемах четвертичные отложения имеют сходное строение. На подавляющей части дна акватории проявлен последний (поздневалдайский) гляциоседиментационный цикл, состоящий из толщи ледниковых отложений, перекрывающих их ледниково-морских (ледниково-озерных) образований. Венчает разрез пачка голоценовых морских (озерных) осадков. В то же время в выявленных по данным НСП подводных погребенных долинах были установлены отражающие границы, которые могут быть со-

поставлены с более низкими стратиграфическими горизонтами.

На основе разработанных принципов стратификации четвертичного покрова [8] были подготовлены местные стратиграфические схемы верхнего плейстоцена-голоцена для Белого моря и Финского залива. При этом было выявлено региональное (в масштабе зоны сочленения) значение границ плейстоцен—голоцен и нижний—средний голоцен. Не менее важным как для целей ГСШ, так и для проблемы расчленения четвертичных отложений в целом, явилась разработка генетической классификации морских осадков. В основе ее лежит использованный Е. В. Шанцером для континентальных образований принцип выделения генетических типов осадков, формирование которых происходило под определяющим влиянием того или иного динамического фактора. На шельфе — это волнение, подводные течения, гравитационное осаждение взвесей и т. д. Соответственно выделяются генетические типы волновых, течениевых или флювиальных, бассейновых или нефелоидных и других отложений (таблица).

Проведенные микропалеонтологические исследования совместно с палеомагнитными измерениями позволили впервые для южного Беломорья обосновать выделение средневалдайских осадочных образований [13], а также установить, что на Северо-Западе РСФСР впервые водные бассейны возникли в пределах современных акваторий около 14 000 лет назад, т. е. гораздо раньше, чем это предполагалось [5, 13].

Площадное литологическое картирование показало, что соответствующие карты в настоящее время имеют наибольшее число потребителей. В частности, они необходимы рыбникам, при проведении гидротехнического строительства, а также при планировании экологических мероприятий. Существенным вкладом в теорию современного седиментогенеза является установление очагового характера накопления осадков, выявление обширных площадей (до 50 %), где в настоящее время осадконакопления не происходит.

Для литологического картирования во ВСЕГЕИ были разработаны литологические классификации, схема ана-

Ряд	Тип	Подтип	Группа фаций
Подводно-гипергенный	Подводно-элювиальный	Механогенный	Реликтовая (остаточная) Конденсат-элювиальная
		Биогенный	Биотурбациевая
		Хемогенный	Гальмиролитовая Подводно-корковая
Седиментогенный	Волновой	Приморский	Пляжевая
		Прибрежный	Прибойная Баровая Внешняя
	Течениевый (подводно-флювиальный)	Приливно-отливной	Песчаных лент Песчаных волн Песчаных гряд
	Нефелонидный (бассейновый)	Мелководный	Лагунная Периодического взмучивания
		Переходный	Склоновая Впадин
		Глубоководный (застойноводный)	Подножия склонов Пелагическая Котловинная
	Гравитационный		Оползневая Обвальная Котловинная
	Хемогенный		
Биогенный	Биогенный	Зоогенный	Биогермная Ракушняковых Банок
		Фитогенный	
Вулканогенный	Экструзивный Эффузивный Эксплозивный		

литической обработки осадочных образований с выделением обязательного и рационального комплексов лабораторных исследований (рис. 1).

Дальнейшее углубление и развитие рассматриваемого направления ГСШ привело к обоснованию и разработке методики построения литолого-фациальных карт, сведений об условиях седиментации на исследуемой площа-

ди. Эти карты легли в основу для составления одного из видов геоэкологических карт, на которых наряду с седиментационными фациями выделены их техногенные аналоги [12].

Большое внимание уделялось геоморфологическим проблемам. Учитывалось то обстоятельство, что рельеф морского (озерного) дна — наиболее надежный канал информации о всей

геологической обстановке акватории, обладает объективными количественными характеристиками, доступными автоматическому измерению. ГСШ-200 не осталась в стороне от общих геоморфологических дискуссий. Однако на современном этапе морского геоморфологического картирования в отрасли несомненно преобладает метод выделения генетически однородных поверхностей. В нашем случае чаще всего приходится иметь дело с двумя генерациями донных поверхностей собственно морского и реликтового (затопленного) облика. При этом довлеющими являются процессы ледникового и водноледникового рельефообразования. Создается определенная фоновая морфоскульптура, иногда под морфоструктурным контролем, в свою очередь, моделированная волновым и течениевым экзоморфогенезом (рис. 2).

Все исследования носят принципиально-методический характер. Поэтому цель опытных геологосъемочных работ — создание комплекта геологических карт шельфа (дна внутренних акваторий) преимущественно среднего (1 : 200 000) масштаба. Теоретическое обоснование и практическое воплощение получил так называемый картографический комплект ГСШ-200. В него вошли карты: геологическая без изображения четвертичных отложений, литологическая поверхности морского дна, геоморфологическая, закономерностей размещения полезных ископаемых, геоэкологическая (экогеологическая).

Исследования с целью создания принципиально-методической базы ГСШ дали возможность по новому подойти к проблеме образования и развития особой зоны материковой отмели в виде гляциального шельфа [23], особой геоструктурной, стратиграфо-генетической и морфологической зоны материковой отмели, возникшей под определяющим влиянием разнотипного плейстоценового оледенения. Были внесены существенные коррективы и дополнения в историю геологического развития внутренних и окраинных морей, а также Великих озер Северо-Запада [4, 13]. Проведенные работы позволили реконструировать позднеледниковый, водно-ледниковый и морской (озерный) этапы геологического развития водных бас-

сейнов, маркирующих край Балтийского щита. Полученные результаты были положены в основу формационного расчленения осадочного чехла морей и озер гляциальной зоны.

Кроме того, поставлены вопросы о новых объектах минеральносырьевой базы гляциального шельфа. Поэтому, как нам кажется, заслуживают внимания факты и предположения относительно закономерных связей между поясами реликтовых (затопленных) краевых ледниковых аккумулятивных образований и зонами перспективного нефтегазопоявления на шельфе. Важное практическое значение имеют установленные закономерности накопления остродефицитного сырья для строительной индустрии. В Финском заливе основные запасы его связаны с затопленными аккумулятивными образованиями береговой зоны, в северных морях ведущее место занимают водно-ледниковые отложения.

На определенной стадии завершения находится процесс разработки принципов и методов ГСШ-200. Подготовлена серия программно-регламентирующих и методических документов для геологической съемки шельфа, включая и ГСШ-200. К указанным документам относятся научные программы геологического картирования континентального шельфа СССР, прошедшие многоступенчатую апробацию и утверждение, методические рекомендации и пособия для комплексных работ и отдельных их видов, требования к составлению геологических карт шельфа и, наконец, Инструкция по организации и проведению геологосъемочных работ на шельфе в масштабе 1 : 200 000.

Разработка общей геологической теории гляциального шельфа далека от завершения. Одним из направлений исследований стала работа над проблемой ледниково-морского осадконакопления.

Круг вопросов этой проблематики выходит за пределы морской геологии и выступает, например, в роли краеугольного камня многолетней дискуссии двух противоречивых течений четвертичной геологии, известных под названием гляциализма и маринизма. Именно исследования геологии дна крупных озер и внутренних морей ледниковой зоны могут внести ясность в упомянутый научный спор. Все это продемонстрирует беспочвенность рез-

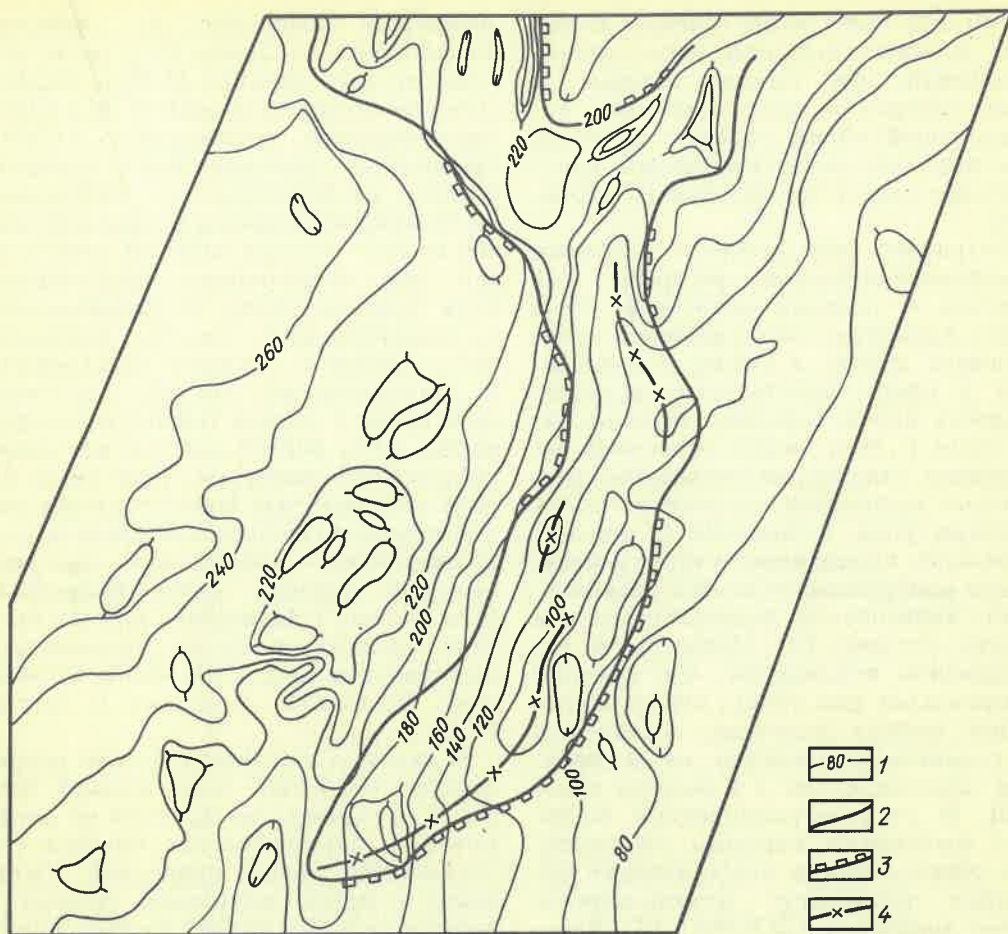


Рис. 2. Пример картирования краевых образований на шельфе (к западу от Новой Земли):

1 — изобаты, м; 2 — границы краевого ледникового комплекса; 3 — уступы денудационные; 4 — оси ледниковых гряд

кой конфронтации специалистов, противопоставляющих отдельные факты в целом единого процесса шельфового оледенения, имеющего нормально материковый, переходный и морской типы развития, варьирующие по площади и во времени. Особая важность проблем ледниково-морского генезиса была подчеркнута на Международном конгрессе ассоциации по изучению четвертичного периода [11].

Решение проблемы ледниково-морского осадконакопления прямо влияет на ход морских геологосъемочных работ и, прежде всего, на картосоставительский процесс, где так или иначе должна трактоваться геологическая история региона в четвертичное время. Не менее важны проблемы общей и прикладной сейсмостратиграфии, разработка которых уже многие годы на-

ходится в центре внимания специалистов. Наибольшие успехи при этом достигнуты в области так называемой классической сейсмостратиграфии, имеющей истоки в недрах нефтепоисковой геологии.

Однако интерпретацию сейсмогеологических разрезов верхней части осадочного покрова с весьма сложными взаимоотношениями слоев и специфическим их составом различные специалисты проводят неоднозначно. Совершенно очевидно существование двух подходов к оценке фактического материала, когда в одном случае за основу принимается геофизически формализованная ритмичность осадочных разрезов, разделенных поверхностями несогласий, а в других — во внимание принимаются также латеральные изменения характера рисунка сейсмо-

грамм, что более точно отвечает сложным взаимоотношениям четвертичных отложений. На многие вопросы в этом отношении дает ответ все возрастающий объем морского бурения, как правило, подтверждающий классические схемы геологического строения.

Сохраняет свое значение проблема минерально-сырьевых ресурсов дна морских и озерных акваторий. Речь идет о выявлении новых объектов минерального сырья, а также о вовлечении в сферу производства нетрадиционных видов полезных ископаемых. В связи с этим можно сослаться на проблему гляциально-шельфового россыпного рудогенеза, по-новому объясняющую роль ледниковых и морских процессов, приводящих в итоге к появлению прибрежных россыпей ильменит-рутил-цирконового, редкоземельного и других составов [9]. Проведенные исследования показывают, что имеются предпосылки для обнаружения других видов ценных полезных ископаемых на гляциальных шельфах, как в коренном залегании, так и в рыхлом чехле [10]. В ряду нетрадиционных полезных ископаемых морского (озерного) дна определенными перспективами обладают шельфовые железо-марганцевые конкреции (ШЖМК) [3], бальнеологическое сырье, естественные минеральные удобрения и особочистые фильтраты подземных вод.

Еще одну проблему геологических исследований внутренних морей и крупных озер представляет изучение и картирование морских (озерных) мелководий, как своеобразной мертвой зоны, где уже не действуют судовые методы ГСШ-200 и где еще невозможно осуществление наземных геологосъемочных работ.

Буквально в последнее время в проблемном ряду морских (озерных) геологических исследований на первое место выдвинулись сложнейшие и крайне актуальные проблемы геоэкологии (экогеологии). Особый режим внутренних акваторий как конечных бассейнов стока, а также совмещение береговой зоны с наиболее насыщенными в техногенном отношении зонами обитания придает геоэкологическим вопросам здесь крайнюю остроту и напряженность.

Главное внимание сейчас направлено на разработку отраслевой геоэко-

логической концепции, в которой должна быть отражена суть геоэкологических исследований (ГЭИ), геоэкологического картирования (ГЭК) и геоэкологического мониторинга (ГЭМ) прибрежных районов моря (озера), а также их береговых зон. Отправными точками этой работы служит раскрытие самого понятия морской геоэкологии как пограничного направления наук геологического, географического и биологического циклов, освещающего сложную систему взаимосвязи и взаимодействия донной геологической среды с водной толщей и находящейся в них биотой под тем или иным техногенным влиянием. При этом, со всей очевидностью констатируется наличие самостоятельного комплекса геоэкологических наблюдений, как отдельного раздела научно-исследовательских или тематических работ в морской геологии, а также дополнительных работ в виде ГЭК соответствующего масштаба, входящих в состав ГСШ.

В задачи ГЭИ входит оценка современного состояния геологической среды (ГС), прежде всего, через ее динамические параметры как базовой составляющей общей природной обстановки с целью выявления степени и характера ее нарушений (загрязнений) по природным и техногенным причинам, а также закономерностей ее взаимодействия с другими компонентами окружающей среды. ГЭК позволяет наиболее полно, детально и точно фиксировать состояние ГС в системе аналитической (поэлементной) и синтетической (интегральной) картографии, внося в эту систему прогнозные характеристики. Наиболее полно и объективно, а главное количественно, прогнозирование может проводиться только в результате постоянного (периодического) наблюдения за динамикой ГС в рамках геоэкологического мониторинга (ГМ). В результате геоэкологических исследований (ГЭИ, ГЭК, ГЭМ) должны выдаваться рекомендации на уровне принятия экологических, санитарно-гигиенических, управленческих и других решений по восстановлению оптимизации и охране природной среды с обоснованием специальных геоэкологических проектов. Все это позволяет защитить живую природу и человека в первую очередь от стихийных геологических опасностей

и геологическую среду от вредного техногенеза.

Исходя из анализа современной ситуации, требующей конкретных решений при определенной переориентации научных программ и производственных планов под жестким контролем отраслевой экономики, можно с достаточной долей уверенности говорить о перспективах проводимых исследований прибрежной зоны акваторий. Есть убеждения и профессиональная аргументация для включения в новую Программу геологической съемки шельфа России разработки идеи создания принципиально новых комплектов Государственной геологической карты так называемой Береговой серии (БС). Работы по созданию БС предлагаются как новый тип совмещения ГСШ-200 и ГСР-200 в плане обновления последней для составления Гостеолкарты-200. Подобная работа не может рассматриваться как механическое совмещение геологических карт суши и морского дна. При работах со схемой БС требуется сравнительный анализ всех полученных данных, корреляция геологических тел и границ, увязка схем и легенд, а также применение специальных изобразительных средств и условных обозначений. Все это должно быть предусмотрено на стадии проектирования работ для постоянно взаимодействующих профессиональных коллективов, обеспечивающих представление единого конечного результата работы по схеме БС, и позволит дать ответ на принципиальный вопрос о том, где и в каком объеме проводить ГСШ-200, во всяком случае, в ближайшем будущем с целью создания универсальной геологической основы для особой природной, экономической, экологической и прочей зоны республики. В работах над созданием БС усматривается объединяющее и стимулирующее начало для новых геологических и геоэкологических (экогеологических) исследований, прежде всего, по картографическому направлению. В этой связи требуют углубленной разработки проблемы сейсмостратиграфии, различные классификационные исследования, новый подход к сырьевым проблемам морского (озерного) дна, комплексная геоэкологическая оценка и геоэкологический прогноз, аналитические исследования на стандартной интеркалиброванной основе и т. п. Здесь же су-

ществует четкая перспектива компьютерного (машинного) картосоставления и создания компьютеризированных баз данных (знаний) тем более реальных для морской геолого-геофизической информации, поступающей очень часто в кодированной форме автоматизированной регистрации. Особые перспективы как в комплексе БС, так и отдельно от нее связаны с морскими (береговыми) геоэкологическими исследованиями, где помимо уже намеченных путей четко просматриваются три новых направления, одно из которых может быть названо разработкой геологического обоснования для природовосстановительных, оптимизационных и охранных проектов. Только для примера укажем на исследования ВСЕГЕИ в области искусственных геохимических барьеров, коррекции потоков наносов и седиментационных ловушек, а также блокирующих сорбционных полей.

Другое направление должно обеспечить составление государственного кадастра морских (озерных) берегов в его геолого-геоморфологической составляющей по соответствующим стандартам, что уже в опытным порядке частично реализовано при специализированных работах ВСЕГЕИ в региональном природно-техногенном комплексе Ладожское озеро — р. Нева — Невская губа Финского залива. Как и все геоэкологические работы кадастр может быть ранжирован для обзорного, регионального, локального и объективного уровней.

Третье самостоятельное направление связано с уже действующей во ВСЕГЕИ (1990—1991 гг.) Международной программой морского геоэкологического (экогеологического) патруля (МЭП) Балтийского моря. В соответствии с программой МЭП на типовых полигонах и профилях, выступающих в роли условных эталонов для отсчета изменений геоэкологической ситуации, приводится ежегодный стандартный комплекс исследований. Он охватывает базовые компоненты природной среды акватории (геологическая среда, водная толща, биос). Проводится МЭП с борта крупнейшего в стране научно-исследовательского судна «Академик Алексей Крылов» — носителя обитаемого подводного аппарата по инициативе и при участии сотрудников ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова.

В работах МЭП уже участвуют и выразили желание для дальнейшего сотрудничества, многие организации нашей страны, а также Финляндии, Швеции, Польши, Германии.

Результаты МЭП оперативно оформляются в виде Бюллетеня с констатационными и рекомендательными, проблемными и прогнозными разделами коллективного авторства.

Геологические исследования шельфа (дна внутренних акваторий) совместно с ВСЕГЕИ проводили сотрудники Санкт-Петербургского и Московского университетов, Санкт-Петербургского горного института, ПГО «Севзапгеология», «Южморгеология», «Севморгеология» и многих других организаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амантов А. В. Методика исследований платформенного чехла Онежского залива // Сов. геология. 1987. № 7. С. 73—79.
2. Амантов А. В., Спиридонов М. А. Геология Ладожского озера // Сов. геология. 1989 г. № 4. С. 83—86.
3. Бутылин В. П., Жамойда В. А. Зональность современного шельфового конкрециобразования на примере Финского залива // Геология и геохимия железо-марганцевых конкреций Мирового океана. Л., 1988. С. 93—107.
4. История Ладожского озера по материалам изучения его донных отложений / Н. Н. Давыдова, И. И. Краснов, А. Е. Рыбалко и др. // История современных озер. Л., 1986. С. 29—31.
5. Литостратиграфия верхнечетвертичных отложений Финского залива и их корреляция с аналогичными образованиями центральной Балтики / В. П. Бутылин, В. А. Жамойда, М. Б. Козин и др. // Геология субаквальной части зоны сочленения Балтийского шита и Русской плиты в пределах Финского залива. Л., 1989. С. 32—51.
6. Методические рекомендации по обработке и интерпретации материалов локаций бокового обзора для определения вещественного состава поверхностных образований шельфа. / А. Е. Рыбалко, М. А. Спиридонов, Ю. П. Кропачев и др. — Л., ВСЕГЕИ. 1989.
7. Основные положения организации и производства геологосъемочных работ на шельфе и требования к морским картам геологического содержания / М. А. Спиридонов, Б. Г. Лопатин, А. А. Рязанцев и др. М., Мингео СССР. 1982.
8. Принципы стратиграфической схематизации позднего кайнозоя на примере верхней части осадочного чехла Белого и Баренцева морей / М. А. Спиридонов, А. Е. Рыбалко, Е. П. Зарина и др. // Кайнозой шельфа и островов Советской Арктики. Л., 1986. С. 38—47.
9. Рыбалко А. Е., Спиридонов М. А. О новом типе прибрежно-морского россыпеобразования на гляциальном шельфе // Тезисы докл. VIII Всесоюз. совещания по геологии россыпей. Киев., 1987. С. 270—272.
10. Спиридонов М. А. Геологические предпосылки комплексной сырьевой оценки дна Онежского залива Белого моря с позиций типизации района // Комплексные морские геолого-геофизические исследования внутренних морей гляциальных шельфов. Л., 1987. С. 5—17.
11. Спиридонов М. А. Картирование четвертичных осадков шельфа // XII Конгресс ИНКВА. Итоги и перспективы (Оттава, 1987 г.) М., 1991. С. 148—154.
12. Спиридонов М. А., Рыбалко А. Е. К вопросу о методике геоэкологических исследований в пределах акваторий крупных озер и внутренних морей // Экологическая обстановка северо-западной части акватории Ладожского озера. Л., 1990. С. 12—13.
13. Четвертичные отложения Онежского залива и основные черты его палеогеографии в плейстоцене — голоцене / А. Е. Рыбалко, М. А. Спиридонов, Е. А. Спиридонова и др. // Комплексные морские геолого-геофизические исследования внутренних морей гляциальных шельфов. Л., 1987. С. 38—52.

Петрография, литология

УДК 552(083.133)

© Н. П. Михайлов, 1992

О Петрографическом кодексе

Н. П. МИХАЙЛОВ

В 1991 г. во Всесоюзном научно-исследовательском геологическом институте закончены работы по созданию первого Петрографического кодекса нашей страны. Кодекс составлен в соответствии с решением VII Всесоюзного петрографического совещания (Ново-

сибирск, 1986), рекомендацией Пленума Межведомственного петрографического комитета и, по согласованию с Управлением региональной геологии Министерства геологии СССР.

Петрографический кодекс — это свод основных правил и рекомендаций, ут-

верждающий и закрепляющий наиболее рациональные петрографические принципы и практику их применения. Он предназначен упорядочить и унифицировать русскую петрографическую терминологию, привести к единообразию основные правила расчленения и корреляции магматических и метаморфических образований на основе единых правил выделения и наименования региональных петрографических подразделений (магматических, метаморфических комплексов, их парагенезов, временных и латеральных рядов).

Необходимость создания такого кодекса связана с общей проблемой упорядочения научной геологической терминологии, установления единых или хотя бы унифицированных принципов стратиграфической и петрографической классификации и номенклатуры. Эта проблема как у нас в стране, так и за рубежом усиленно разрабатывается особенно в течение двух-трех последних десятилетий, но наиболее интенсивно пока в области стратиграфии. В результате проведенных работ издано «Международное стратиграфическое руководство», выпущенное к XXV Международному геологическому конгрессу (International stratigraphic guide. Publ. J. Wiley, New York, London, 1976). Кроме того, были созданы Стратиграфический кодекс СССР (первое издание — 1977, второе — 1991 гг.) и национальные стратиграфические кодексы многих зарубежных стран.

Естественно, что во всех этих стратиграфических кодексах и руководствах рассматриваются только стратифицированные образования, в основном осадочные, менее — вулканические и метаморфические. При этом интрузивные, субвулканические, жерловые и другие геологические породы, не подчиняющиеся закону суперпозиции (каждый слой моложе нижележащего и древнее вышележащего) даже в случаях кажущегося согласного залегания их с вмещающими стратифицированными образованиями (в виде, например, пластообразных интрузивных залежей — силлов), как правило, не рассматривались как стратиграфические подразделения, хотя геохронологическое содержание их постоянно учитывалось, т. к. они занимают определенное место в стратиграфическом разрезе и соответственно в геологической истории региона.

Магматические и метаморфические породы (суть главные компоненты земной коры) широко развиты на поверхности и являются такими же важными объектами геологического картирования, как и стратифицированные осадочные образования, а выделение картируемых природных ассоциаций магматических (метаморфических) пород, имеет не меньшее значение, чем установление литостратиграфических подразделений. Нестратифицированные горные породы (и геологические тела) — это особые объекты, для которых обычные стратиграфические процедуры определения не применимы. Поэтому здесь требуется иной подход к выделению и наименованию природных ассоциаций таких горных пород, и это должно производиться на соответствующем профессиональном уровне, т. к. данная проблема скорее петрологическая, нежели общая литостратиграфическая.

Отсутствие единообразия в использовании петрографических терминов, применении методов выделения региональных петрографических подразделений и правилах их наименования резко отрицательно сказывается на качестве геологических работ, особенно при геологической съемке и издании геологических карт.

Поэтому особенно необходима стандартизация петрографической терминологии и номенклатуры и не только в названиях горных пород, но и при выделении и наименовании их природных ассоциаций, находящихся в различных геологических обстановках и взаимоотношениях как между собой, так и с литостратиграфическими подразделениями.

Несмотря на энергичные попытки Межведомственного петрографического комитета упорядочить петрографическую терминологию, до сих пор в употреблении названий горных пород наблюдается значительный произвол, неоправданно применяются устаревшие термины, без особой нужды вводятся новые наименования, что делает трудно сопоставимыми результаты исследований даже в пределах одного региона. Особенно слабо разработаны принципы выделения и наименования ассоциаций магматических (и метаморфических) пород, подлежащих картированию. Строгой систематизации таких петрографических объектов еще нет, хотя

и наметились некоторые общие правила их расчленения и корреляции и, соответственно, требования к их изобразлению на геологических картах, что связано с государственной централизацией всех геологосъемочных и картографических работ. Однако четко сформулированных правил для этого до сих пор не было утверждено.

Все эти недостатки в расчленении и картировании магматических и метаморфических пород и их природных ассоциаций могут быть устранены только созданием Петрографического кодекса, как регламентирующего документа, основные положения и рекомендации которого должны стать обязательными для всех геологических организаций страны (подобно действующему с 1977 г. Стратиграфическому кодексу СССР).

В связи с тем, что Петрографический кодекс предназначен для практического использования, составители стремились сделать его по возможности общедоступным и кратким. Особое внимание обращалось на четкое определение понятий, исключающих разночтение, и на недопустимость употребления излишних синонимов. Рекомендации и требования Кодекса базируются на практике петрологических исследований и сформулированы так, чтобы быть пригодными для изложения разных теоретических концепций, предполагающих различные методы подхода к использованию и интерпретации исходного петрографического материала. Содержание Кодекса определяется современным уровнем развития петрографии — науки, занимающейся изучением, описанием и систематикой не только горных пород (магматических, метаморфических), но и их природных ассоциаций на основе методов формационного анализа.

Кодекс должен упорядочить петрографическую терминологию, унифицировать основные правила расчленения и корреляции магматических и метаморфических образований на основе единых принципов. Рекомендации и требования Кодекса идут до определенного предела, обеспечивающего единство принципиального подхода к изучению и обобщению исходного петрографического материала, к объективному и однотипному отражению его на геологических картах разных масштабов, в литолого-стратиграфических колонках

и региональных и межрегиональных корреляционных схемах. В интересах свободного развития различных направлений петрологических исследований не следует ставить в чрезмерно жесткие рамки исполнителей, ограничивая их непременным использованием стандартизованных понятий и терминов для частных подразделений петрографических объектов. Известная свобода в деталях совершенно необходима, но она никоим образом не допускает произвола в петрографии: при соблюдении единых общих правил исходные петрографические материалы будут сопоставимы в пределах крупных территорий, а детали и частности при широких межрегиональных сопоставлениях неизбежно будут отбрасываться; чем выше ранг сопоставлений (корреляции), тем меньше деталей приходится учитывать. Поэтому регламентация в Петрографическом кодексе идет только до вида горных пород и до основных, картируемых в среднем масштабе региональных петрографических подразделений. Дальнейшая детализация тех и других — дело самих исследователей в соответствии со стоящими перед ними задачами.

В Петрографическом кодексе рассматриваются следующие основные вопросы: классификация и номенклатура магматических пород; принципы систематики метаморфических пород; общие правила расчленения и корреляции магматических и метаморфических образований при геологической съемке и при региональных петрографических исследованиях; некоторые методические вопросы выделения вспомогательных петрографических подразделений — картируемых составных частей магматических (метаморфических) комплексов; общие принципы изотопного датирования региональных петрографических подразделений, некоторые принципы и методы формализации в системе региональных петрографических подразделений (для введения их в память ЭВМ и, возможно, последующего включения в Международную программу геологической корреляции).

Рассматриваемые вопросы Петрографического кодекса отличаются от вопросов Стратиграфического кодекса страны.

Объектами стратиграфии являются совокупности, слагающие осадочную

оболочку земной коры нормально пластующихся горных пород, обособляемые по признакам, позволяющим установить последовательность их формирования и положение в стратиграфическом разрезе. На первый план здесь ставятся пространственно-временные соотношения стратиграфических подразделений, отражающие периодизацию в геологической истории.

Каждому стратиграфическому подразделению, независимо от состава образующих его горных пород, соответствует геохронологический эквивалент. Только для местных стратиграфических подразделений учитываются их фациально-литологические или петрографические особенности (Стратиграфический кодекс СССР, 1991).

Петрографические подразделения не имеют геохронологических эквивалентов. Они фиксируют лишь отдельные эпохи (импульсы) магматической деятельности, почти всегда прерывистой по отношению к осадконакоплению. Для восстановления истории геологического развития региона в данном случае первостепенное значение наряду с геологическим возрастом имеет вещественный состав петрографических подразделений. Поэтому выделение последних основывается прежде всего на признаках петрографического состава и строения составляющих их геологических тел, разумеется, с непрерывным учетом соотношения этих тел с вмещающей средой.

Важным понятием в Стратиграфическом кодексе являются общие стратиграфические подразделения, совокупность которых в полном объеме составляет общую (планетарную) стратиграфическую (и геохронологическую) шкалу. В Петрографическом кодексе рассматриваются только региональные петрографические подразделения — магматические и метаморфические комплексы и их различные сообщества. В качестве общих петрографических подразделений в данном случае могли бы рассматриваться магматические и метаморфические формации, имеющие

глобальное (планетарное) распространение. Однако в отличие от стратиграфических подразделений они выделяются вне зависимости от геологического возраста исключительно по структурно-вещественным признакам и по существу являются понятиями абстрактными, классификационными, которые в силу неравномерности магматической деятельности не могут иметь определенного места в общей геохронологической шкале.

Все это определило содержание Петрографического кодекса, направленного в основном на регламентацию структурно-вещественного и фациального расчленения и корреляцию магматических и метаморфических образований при геологической съемке и региональных петрографических исследованиях.

Составление и введение в действие этого важного регламентирующего документа в области петрографии — первый опыт не только в отечественной, но и в мировой практике, проводившийся группой ведущих петрологов — членов Секции региональной петрографии Межведомственного петрографического комитета. Кодекс отредактирован и подготовлен к печати редакционной коллегией в составе Н. П. Михайлова (ответственный редактор), Л. С. Егорова, Ю. Б. Марина, Б. А. Марковского, В. Л. Масайтиса, В. Н. Москалевой, Н. А. Румянцевой, Л. Н. Шарпенко, К. Л. Шмелевой (ученый секретарь).

Петрографический кодекс рекомендован Межведомственным петрографическим комитетом к изданию в качестве временного свода правил и рекомендаций; он подлежит широкому обсуждению геологической общественностью до утверждения его постоянным регламентирующим документом, соблюдение требований которого станет обязательным при выполнении всех видов геологических работ, в первую очередь при производстве геологической съемки и составлении и издании карт различного геологического содержания.

Возможен ли прогресс в регионально-петрологических исследованиях

В. Л. МАСАЙТИС, В. В. ЖДАНОВ, В. Н. МОСКАЛЕВА

С общих позиций прогресс в фундаментальном комплексном геологическом изучении регионов страны, в т. ч. в геологическом картировании и региональном прогнозировании полезных ископаемых, может быть обеспечен развитием соответствующей теоретической базы, методов исследования, наличием средств, кадров и необходимой организацией. В полной мере это относится и к возможностям прогресса в регионально-петрологических исследованиях, являющихся неотъемлемой частью такого геологического изучения. Известно, что объект петрологии — тела магматических, метаморфических пород и их совокупности, находящиеся в определенных геологических обстановках и взаимоотношениях между собой и с окружающей средой. К числу таких объектов могут быть также отнесены тела импактитов и импактных брекчий (коптогенные образования). Предмет петрологии — процессы, приводящие к формированию и наблюдаемому распределению всех этих тел в земной коре и геологической истории. Можно допустить, что в конце XX — начале XXI вв. объекты и предмет петрологии в целом (имеются в виду земные объекты, хотя петрология охватывает и космические) останутся теми же, хотя, несомненно, значительное внимание будет уделяться петрологии внеземных образований.

Теоретической базой интерпретации петрологических процессов, включая происхождение объектов исследования и связанных с ними рудных концентраций, длительное время была классическая термодинамика закрытых систем. Она вполне удовлетворяла тому уровню геологии, когда движение вещества рассматривалось преимущественно как перемещение твердых или расплавленных масс. В соответствии со вторым постулатом термодинамики считалось, что продукты петрогенетических процессов формировались главным образом в системах с увеличением энтропии, т. е. с тенденцией к максимальной однородности систем. Это не позво-

ляло решать задачу аномальной концентрации рассеянных компонентов — главную задачу петролого-металлогенического анализа. Метаморфизм рассматривался исключительно как изохимический (закрытый) процесс минеральных превращений в поле вариации температуры и давления, а метасоматозу отводилась скромная роль постмагматического процесса, обусловленного дегазацией кристаллизующегося расплава. Трудami многих исследователей в последние десятилетия доказано, что метасоматизм — это важнейший эволюционный эндогенный петрогенетический процесс, непрерывно протекающий как в земной коре, так и мантии. Он постоянно сопровождает магматизм, причем метасоматические процессы путем эволюционного формирования анхизвтектических систем предопределяют появление корового и мантийного расплава. Не менее тесно связан метасоматизм с метаморфизмом, протекающим в режиме конвективного теплопереноса при воздействии на фильтрующую среду химически активного теплоносителя.

В настоящее время петрологией осваивается новая теоретическая база — термодинамика открытых неравновесных систем: нелинейная термодинамика или синергетика. Эта новая база позволяет перейти от анализа обособленных систем к анализу активного энерго- и массообмена, ведущего к формированию антиэнтропийных, структурированных системных комплексов. Кроме того, она позволяет перейти от изучения отдельных формаций к изучению и анализу парагенезов эндогенных формаций различных генетических классов, что дает принципиально новые возможности при изучении условий аномального накопления рассеянных химических элементов и их соединений, т. е. созданию петрологической и регионально-петрологической основы металлогении.

Так же, как и в случае сложных метаморфо-метасоматических систем, уменьшение энтропии характерно для процессов возникновения коптогенных

образований. В последние годы утверждаются представления о существенной роли импактного пороодообразования, характеризовавшегося экстремальными давлениями и температурами, высокоскоростными перемещениями вещества, несвойственными обычным эндогенным явлениям. Особенно большие масштабы подобные процессы имели на ранних стадиях формирования земной коры, протекая в сочетании с магматизмом, метаморфизмом, тектоникой. Следы наиболее ранних постаккреционных импактных событий в древнейших толщах горных пород могут быть обнаружены на основе изучения их реликтовых энтропийных изменений и детального геохимического изучения.

Весьма важно для петрологических исследований, преимущественно регионально-петрологических, представление о магматических формациях как о совокупностях изверженных пород и слагаемых ими тел, связанных общностью происхождения. Данные представления широко распространены через развитие концепций о петрографических провинциях и петрографических ассоциациях.

Изучение изверженных пород на уровне магматических комплексов привело к их типизации по структурно-вещественным признакам с учетом их тектонической позиции, места и роли в геологическом развитии геотектонических элементов. Этот аспект формационных исследований тесно связан с восстановлением истории тектономагматического развития регионов (платформ, геосинклинально-складчатых областей) и эволюции континентальной земной коры в целом. Указанное направление развито в представлениях о закономерных временных и латеральных рядах (парагенезах) магматических формаций. Такие парагенезы формаций, типизированные исходя из связи их с определенными геодинамическими режимами, — более совершенные индикаторы последних, чем отдельно взятые магматические формации. Поэтому они дают возможность широких реконструкций истории тектономагматического развития регионов и определения металлогенической специализации структурно-формационных зон. Однако, как вытекает из сказанного, понятие о парагенезах может быть значительно расширено,

и в дальнейшем регионально-петрологические исследования должны быть направлены на изучение комплексных эндогенных парагенезов, включающих ассоциации магматических, метаморфических и метасоматических пород.

Актуально выявление причинно-следственных связей метасоматоза, метаморфизма и магматизма. Исследования сложных парагенетических ассоциаций продуктов этих процессов позволяють более обоснованно представить условия генерации мантийных и коровых расплавов, их эволюцию и взаимодействие с веществом коры.

При анализе геофизических данных для интерпретации глубинного строения определяющее значение имеют не отдельные ассоциации, а их парагенезы, которые отражают всю динамику развития магматизма, метасоматоза и метаморфизма на том или ином участке земной коры.

С этим аспектом регионально-петрологических исследований тесно связано решение проблемы корреляции месторождений полезных ископаемых с определенными парагенезами изверженных, метаморфических и других пород; изучение таких корреляций приводит к принципиально новым выводам об определенном спектре потенциальной рудоносности (металлогенической специализации) типов эндогенных формаций. В прямой зависимости с установлением рудоносности таких формаций находится проблема структурно-металлогенического районирования. Однако потенциальная рудоносность является лишь общим свойством парагенеза. Для ее реализации в отдельных конкретных проявлениях необходимо сочетание дополнительных благоприятных факторов, определяющих характер и интенсивность рудогенерирующего процесса. Такие рудоконтролирующие факторы отражаются в главных и второстепенных (индивидуальных) признаках парагенезов — составе, строении, соотношении с окружающей средой, и потому они играют важную роль регионально-петрологических критериев в оценке реальной рудоносности магматических, метаморфических и метасоматических комплексов и их ассоциаций. Поэтому использование в геологической практике установленных закономерностей связи эндогенных и рудных формаций, а также дополнительных петрологиче-

ских критериев, имеющих рудоконтролирующее значение, может повысить обоснованность и эффективность прогнозирования и поисков эндогенных месторождений полезных ископаемых в областях развития изверженных, метаморфических и метасоматических образований.

В последнее десятилетие многими исследователями предпринимался комплексный анализ геологических, геофизических и геохимических данных для выявления геодинамических структур литосферы, как основы регионального металлогенического анализа. Однако эти данные отражают современное состояние и строение земной коры и пригодны лишь для создания стратических геодинамических моделей. Дальнейшие исследования целесообразно вести в историко-геологическом плане с учетом тенденций развития мантийного и корового магматизма, относительной интенсивности проявлений того и другого на разных этапах эволюции геологических структур, а также значения в формировании последних процессов регионального метаморфизма.

Одна из задач познания строения земной коры и верхней мантии — установление длительности существования мантийных неоднородностей в истории формирования основных структур отдельных регионов. Эти данные могут быть получены прежде всего из анализа временных и пространственных ограничений продуктов мантийного и корового магматизма, путем составления специализированных карт распространённости магматических и метаморфических формаций.

Изменение теоретической базы петрологии, о которой говорилось выше, естественно, требует изменения понятий базы. Ридовское утверждение заключается в том, что есть границы, которые можно отнести ко многим другим группам пород, в т. ч. метаморфическим и метасоматическим. Поэтому необходимо было изменить систематику горных пород с учетом генетических классов или, абстрагируясь от всех генетических вариантов, остановиться лишь на структурно-вещественном принципе систематики и номенклатуры. Вероятно, помня о конвергентности признаков, вполне оправданных термодинамически, следует придерживаться второго подхода.

Одним из существенных недостатков многих петрологических исследований является известный отрыв их от производственных (прикладных) работ, в т. ч. крупных масштабов. Практика показывает, что уровень петрологических и петрографических исследований в производственных организациях, непосредственно ведущих съемку, поиски, прогнозную оценку в большинстве случаев весьма низок, не отвечает современному уровню развития петрологии, ее методов и технических средств. Представляется, что распространение многочисленных инструкций, пособий, и рекомендаций, призванных повысить качество и эффективность изучения недр, недостаточно. Необходимо, помимо теоретических и методических разработок, обеспечить петрологические исследования современными техническими средствами, а также соответственно обученными кадрами, заинтересованными в научно-техническом прогрессе. Учитывая естественную ротацию кадров, такая сторона развития исследований имеет приоритетное значение.

Тенденция развития геологических, и в частности регионально-петрологических исследований, ориентированных на развитие минерально-сырьевой базы, должна быть направлена на сближение научного уровня фундаментальных и прикладных исследований. Главный показатель увеличения практической значимости регионально-петрологических исследований — возрастающий уровень создаваемой ими научной основы прогнозно-поисковых работ.

По существу, обоснованию приоритетных направлений петрологических исследований в рамках геологического изучения территории и их геологического картирования должна предшествовать оценка тенденций развития науки и техники, в частности, отраслей промышленности, потребляющих минеральное сырье. Необходимо знать, какие его виды в целом и в каких объемах могут потребоваться обществу в течение ближайших 15—20 лет. Естественно, при такой оценке должны учитываться возможности открытия новых путей использования традиционного сырья, а также вовлечение в использование нетрадиционных видов в результате применения новых технологий и т. д. В настоящее время такие оценки вряд

ли могут быть получены. Поэтому мы должны ограничиться рядом общих соображений, исходя из анализа существующих тенденций и необходимости перспективных оценок территорий на полезные ископаемые, используя при этом петрологические методы. Это существенно сужает возможности прогноза путей научно-технического прогресса в геологии, поскольку пока остается анализировать лишь пути ее внутреннего развития, в частности, регионально-петрологических исследований.

Приоритетные, обеспечивающие прогресс, направления регионально-петрологических исследований могут быть представлены следующим образом.

В области развития теории.

1. Системный анализ петрологических объектов в конституционном, таксономическом, пространственном, временном, эволюционном и функциональном аспектах.

В настоящее время отсутствует единая систематика петрологических объектов, обеспечивающая использование стандартных количественных оценок их различных признаков, связей и т. п., необходимая для широкого и всестороннего использования современных методов сбора, хранения и обработки информации, в т. ч. с использованием компьютерных технологий.

2. Совершенствование существующих и создание новых статических моделей геологических тел петрологической специализации, а также ассоциаций тел различного ранга.

Разработка таких моделей необходима в целях геологического картирования, регионального и локального прогнозирования, увеличения глубинности и достоверности.

3. Разработка динамических ретроспективных моделей петрогенезиса, в т. ч. в эволюционном плане.

Представление о глубинных процессах петрогенезиса в их регионально-геологическом значении будет постоянно уточняться и обновляться с развитием новых методов и технических средств исследований, в т. ч. сверхглубокого бурения, экспериментальных исследований и др. Развитие таких представлений — один из путей повышения прогностического значения регионально-петрологических исследований.

4. Совершенствование теории образования Земли и ее спутника, теории формирования первичной земной коры и ее неоднородностей, в т. ч. с использованием сравнительно-планетологических данных, в частности, о катастрофических импактных процессах ее деструкции.

Необходимость развития этого направления определяется возрастающим многократно, каждые 5—10 лет, потоком информации о строении планетных тел и их спутников, о процессах, происходящих в их недрах и на поверхности, проливающим свет на догеологические этапы развития Земли.

В области развития методов.

1. Разработка методов дистанционного глубинного зондирования и получение данных о составе вещества, граничных поверхностях на глубине от нескольких километров до десятков.

Эти разработки позволят в дальнейшем развивать известные методы (например, используемые в АМС типа «Магеллан» и др.), применяя новые принципиальные открытия в области изучения физических полей, создаваемых геологическим веществом.

2. Разработка комплексов экспрессных массовых методов, обеспечивающих возможность датировки времени образования минерального вещества кристаллических пород (с точностью до 0,1 млн лет для фанерозоя и до 5—10 млн лет для докембрия), а также выявления геохимических и кристаллоструктурных «меток», свидетельствующих об истории этого вещества.

Эти методы могут разрабатываться совершенствованием существующих и на базе новых открытий в области физики кристаллического вещества. Без таких разработок маловероятен прогресс одного из ведущих методов в геологии — геологической корреляции, не говоря уже о развитии динамического анализа петрологических процессов.

3. Разработка различных математических моделей геологических тел магматических, метаморфических и метасоматических пород, ассоциация этих тел, их возникновение и эволюция с учетом достижений неравновесной термодинамики, нелинейных процессов и т. д.

Развитие этих методов, а также методов, упомянутых в пп. 1, 2, может быть основано на фундаментальных

открытиях в области физики твердых тел, газодинамики, теории взаимодействия и т. п. С другой стороны, развитие этих методов будет определяться созданием технических средств, обеспечивающих получение соответствующих данных. Можно ожидать, что широкое развитие в исследованиях кристаллических пород Земли получат те из них, которые используются в настоящее время для изучения весьма малых объемов вещества, в частности, отдельных фракций лунных пород, метеоритов, космической пыли.

4. Совершенствование и разработка классификаций, систематики и номенклатуры магматических, метаморфических, метасоматических и коптогенных образований.

Опыт показывает, что упорядочение системы понятий, номенклатуры различных пород — сложная задача, которая может быть решена лишь в международном масштабе, причем усилиями интернациональных коллективов.

В области разработки средств.

1. Необходимо создание систем обработки информации, которая бы осуществлялась в режиме ее сбора (сканирующие системы).

Это позволит преодолеть существующий разрыв, с одной стороны, между геологическими наблюдениями и опробованием непосредственно на природных объектах (в т. ч. петрологических) и, с другой, детальным исследованием вещества горных пород и минералов, слагающими эти объекты, включая определение их состава, изотопных характеристик, времени образования и др. При реализации такой системы наблюдатель мог бы получать необходимые данные о многих интересующих его свойствах объекта непосредственно в процессе его картирования, изучения внутренней структуры (в т. ч. временной), состава и т. д. Такие технические средства, работающие в режиме сканирования, позволили бы одновременно решить многие задачи геологического, петрологического, геохимического плана и, естественно, прогнозирования полезных ископаемых на этой основе. Разработка подобных систем представляется возможной на базе использования достижений космической техники, дистанционных методов передачи информации, ее обработки в режиме сбора и т. д. Такие разработки могут быть

успешно осуществлены в условиях конверсии отдельных отраслей военной промышленности; они должны включать, кроме того, создание средств передвижения, обеспечивающих легкую доступность петрологических и других геологических объектов в разных географических обстановках и ландшафтных условиях. Новые технические средства позволяют принципиально изменить технологию региональных петрологических и других геологических исследований, а также рутинные методы наблюдений и обработки данных. Исследователь при этом сохранит важные функции по синтезу информации, созданию моделей различных типов, прогнозированию и т. д.

2. Целесообразно включить в арсенал технических средств видеозапись ключевых объектов полевых петрологических наблюдений, дополняющую фотосъемки, зарисовки и т. п. и позволяющую более строго документировать материал, обосновывать выводы. Особенно полезно это может оказаться при документации керна скважин, не предназначенного для длительного хранения, а также при необходимости анализа большого объема kernового материала. Данные видеозаписи могут быть скомбинированы с данными каротажа, петрографических наблюдений в шлифах, результатами химических и других анализов и представлены в форме, удобной для обработки на ЭВМ, суммируя всю имеющуюся информацию по разрезу скважины. Подобная методика может быть особенно эффективна при обработке данных по сверхглубокому бурению.

В области организации научных исследований.

1. Необходима ликвидация бюрократического подхода к планированию, финансированию и реализации регионально-геологических и регионально-петрологических исследований, использованию их результатов. Целесообразно также осуществить международную кооперацию и международные проекты в этой области, особенно в геологических регионах, охватывающих территории нескольких стран.

2. Оснащение исследовательских групп современными техническими средствами на всех уровнях исследований — от получения до хранения и переработки информации.

3. Обеспечение возможностей роста профессионализма и компетентности, резкого повышения творческой активности, повышения использования интеллектуального потенциала исследователей, занимающихся вопросами региональной петрологии и прогнозирования полезных ископаемых, ассоциирующих с телами магматических,

метаморфических и метасоматических пород.

Общий анализ предпосылок возможностей научно-технического прогресса в регионально-петрологических исследованиях показывает, что в целом для его обеспечения необходимы значительные интеллектуальные и организационные усилия, а также материальные затраты.

УДК 551.7.022.4

© Н. Н. Предтеченский, 1992

Методика составления литолого-стратиграфических схем платформенных областей

Н. Н. ПРЕДТЕЧЕНСКИЙ

Литолого-фациальные признаки осадочных отложений являются наиболее наглядными, легкоузнаваемыми в поле особенностями стратифицированных толщ и широко применяются для расчленения и корреляции разрезов, прослеживания стратиграфических подразделений в процессе геологической съемки.

В настоящей статье делается попытка систематизации этих признаков, анализа их пространственного распределения, в т. ч. периодичности проявления, и установления их роли для ранжирования местных стратиграфических подразделений, корреляции и выделения региональных стратиграфических единиц — горизонтов. Технические вопросы составления стратиграфических схем не рассматриваются, т. к. они достаточно полно и подробно изложены в специальном приложении к Стратиграфическому кодексу СССР.

Важность использования литолого-фациальных признаков особенно значительна в платформенных регионах, где они позволяют выделить в конечном счете относительно изохронные уровни. В условиях внутриконтинентальных бассейнов с преимущественно карбонатным или терригенно-карбонатным осадконакоплением преобладает мутационный способ слоеобразования [8, 15], при котором слои формируются главным образом в результате изменения характера бассейна — его солевого состава, привноса тонкого терригенного материала и т. д. В связи с этим слои, понимаемые как пластообразные геологические тела однородного вещественного состава,

ограниченные четкими и выдержанными по площади поверхностями наслонения, в латеральном ряду образуют практически изохронные слоевые катены (с греч. — «цепь»), связанные постепенными переходами. Постепенность перехода одного слоя в другой, естественно, имеет место при отсутствии эрозионных контактов и не исключает выклинивания отдельных слоев при приближении к области сноса. Миграционная слоистость менее распространена и встречается главным образом в краевых частях бассейна, где преобладают песчаные толщи. Однако и в этом случае возрастная корреляция возможна в силу неравномерности осадконакопления и наличия клинообразных переходов между соседними типами разрезов. Широко распространенная точка зрения о существенной диахронности слоев, обычно со ссылкой на принцип Н. А. Головинского о возрастной миграции граничных плоскостей, вряд ли правомерна. Н. А. Головинским (1886), строго говоря, рассматривается возрастная миграция не слоев, а литологически однородных пачек пород. Латеральные границы этих пачек «имеют неравномерно зубчатое строение» и «зубцы эти чрезвычайно острые и вытянутые» и, таким образом, совсем не представляют собой плоскость наслонения.

Методика составления стратиграфических схем предусматривает следующие стадии: 1 — стратиграфическое районирование по результатам геологических съемок и палеогеографических работ; выбор и комплексное описание опорных разрезов; 2 — ли-

тогенетическая типизация отложений, их фациальная интерпретация и создание фациальной модели палеобассейна; 3 — выделение местных стратонив как литолого-фациальных подразделений; 4 — анализ цикличности строения разрезов; 5 — объединение местных стратонив и (или) их частей в региональные стратиграфические подразделения — горизонты. Во времени эти исследования, безусловно, могут совпадать, что, однако, не лишает их самостоятельности. Разработке данной проблемы были посвящены многолетние комплексные исследования силурийских бассейнов Сибирской и Восточно-Европейской платформы группой литологов ВСЕГЕИ совместно с палеонтологами ИГиГ СО АН СССР, СНИИГГИМС, ВостСНИИГГИМС, ЛГУ, ВНИГРИ, объединения «Океангеология», ЛитНИГРИ.

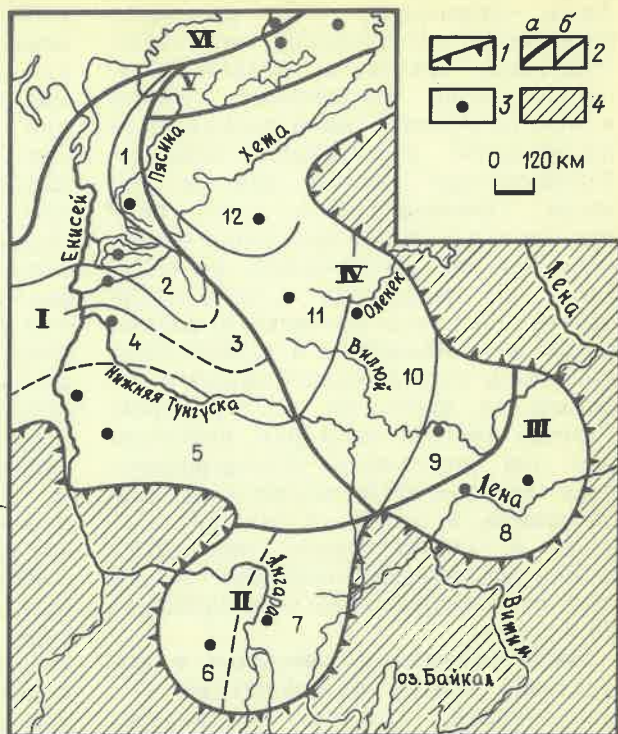
Стратиграфическое районирование, выбор количества и местоположения опорных разрезов проводятся для получения необходимого и достаточного объема фактического материала для составления региональных стратиграфических схем. Исходные данные для районирования имеются практически по всем платформенным областям, территории которых почти полностью закартированы в масштабах 1 : 1 000 000 (~71 % территории РСФСР) и 1 : 200 000 (83 %); для ряда геологических систем проведены специальные стратиграфические работы, составлены мелкомасштабные литолого-палеогеографические карты.

Районирование наиболее целесообразно для целых палеоседиментационных бассейнов, охватывающих геологический период, реже более значительный интервал времени, на рубежах которого происходит существенная перепланировка фациальной зональности. Стратиграфическое районирование по сути своей является литолого-фациальным, отражая изменение экосистем и соответственно фациального облика отложений, и преследует цель выделения площадей с относительно однородным составом. Выражением этой однородности, с другой стороны, являются местные стратонив (серии, свиты, пачки, слои), охватывающие в зависимости от ранга разные площади и интервалы разреза. Исходя из сказанного, предусматривается следующий иерархиче-

ский ряд территорий: 1 — участок, определяющийся ареалом распространения по латерали набора слоев; 2 — площадь, представляющая собой область распространения подсвит и (или) пачек; 3 — район, характеризующийся распространением одного и того же набора свит; 4 — субрегион, объединяющий несколько районов с одинаковым набором серий; 5 — регион, определяющийся распространением горизонтов, охватывающих весь седиментационный бассейн. В некоторых случаях субрегиональные различия в пределах бассейна настолько значительны (эндемичность фауны, разный тектонический режим, разная цикличность и др.), что составить единую шкалу горизонтов не удастся, как это имеет место, например, а силуре Восточно-Европейской платформы, где горизонты выступают как субрегиональные стратонив. Они коррелируются через подразделения единой шкалы. Для схем и соответственно легенд геологических карт масштаба 1 : 200 000 и 1 : 50 000 наиболее существенно выделение районов и площадей.

Применение изложенных принципов стратиграфического районирования можно проиллюстрировать на примере Сибирской платформы, являющейся одной из крупнейших в мире областей палеозойского осадконакопления. Подлежащий районированию Лено-Енисейский палеобассейн площадью около 3 млн км² располагается в пределах Сибирской платформы и раннемезозойской складчатой области Таймыра (рисунок). Во времени он охватывает силур — ранний девон и в целом имеет регрессивную направленность развития. Для каждого из выделенных здесь районов к настоящему времени изучены опорные разрезы [5, 9, 10, 11], что позволило детально охарактеризовать стратотипы свит, провести их корреляцию и дать описание фациальных типов отложений. В итоге это дает возможность построить полноценную стратиграфическую схему для среднемасштабного картирования. Для составления легенд крупномасштабных карт, особенно серий листов, охватывающих несколько фациальных зон, необходимы дальнейшие исследования опорных разрезов зон фациальных переходов. Такая работа проделана лишь частично в

Границы: 1 — Лено-Енисейского стратиграфического региона, 2 — стратиграфических субрегионов (а) и районов (б); 3 — опорные разрезы; 4 — предполагаемые области поднятий; субрегионы: I — Приенисейский (районы: 1 — Норильский, 2 — Игарский, 3 — Курейский, 4 — Туруханский, 5 — Тунгусский); II — Иркутский (районы: 6 — Чуно-Бирюсинский, 7 — Ангара-Илимский); III — Нюйско-Березовский субрегион (8 — Нюйский район); IV — Вилюе-Котуйский (районы: 9 — Вилюйский, 10 — Моркокинский, 11 — Мойеронский, 12 — Маймечинский); V — Юго-Восточный Таймырский; VI — Северо-Западный Таймырский



Норильском, Туруханском и некоторых других районах.

С учетом основополагающей роли изучения опорных стратиграфических разрезов (ОСР) и значительной его трудоемкости выбор местоположения разрезов в нужных районах — задача не простая. Согласно методической инструкции МСК [3] и приложению к Стратиграфическому кодексу, под опорным понимается лучший в данном регионе или фациальной зоне разрез, характеризующийся достаточной обнаженностью для прослеживания непрерывной последовательности отложений, дающий возможность установить нормальные, тектонически ненарушенные границы стратиграфических подразделений, доступный для детальных литологических и палеонтологических исследований и имеющий ясные соотношения с ниже- и вышележащими толщами. Изучать такие разрезы предпочтительно по естественным выходам, но допустимо и по данным бурения скважин с полным отбором керна и проведенными каротажными исследованиями. Стратиграфический диапазон опорных разрезов в идеале должен охватывать всю систему, но может ограничиваться и отделом или ярусом.

Выбор объектов, удовлетворяющих

изложенным условиям, требует тщательного анализа фондовой и опубликованной литературы по стратиграфии, географии, геоморфологии, фациям и палеогеографии. По роли в подготовке региональной и корреляционной схем ОСР делятся на категории. К первой категории относят разрезы регионального значения, т. е. имеющие наибольшее количество корреляционных признаков, характеризующих особенности всего седиментационного бассейна и включающие стратотипы свит, являющихся эталонами для региональных горизонтов; ко второй — ОСР фациальных зон и соответственно стратиграфических районов; к третьей — ОСР, характеризующие стратиграфические площади — фациальные подзоны и области перехода между фациальными зонами. Порядок послойного описания — общий для всех категорий разрезов — и комплекс аналитических исследований подробно изложены в упоминавшейся инструкции.

В Лено-Енисейском регионе в качестве опорного разреза первой категории выбрана серия обнажений по р. Мойеро [5]. На 90-км участке долины этой реки в высоких береговых обрывах вскрывается весь разрез силурийской системы в неритовых и (в низах) гемипелагических фациях.

Здесь установлены пять из шести стратотипов региональных горизонтов. Отдельные интервалы разреза благодаря серии ступенчатых сбросов и пологой брахиформной складчатости неоднократно повторяются, создавая благоприятные условия для их изучения. Преобладающая часть ОСР относится ко второй категории и изучена как по естественным выходам, так и по скважинам. Стратиграфический диапазон их различен: от полных разрезов в скважинах и естественных выходах в погруженных районах платформ до яруса по ее периферии. Разрезы третьей категории, необходимые для составления стратиграфических схем при крупномасштабном картировании, в целом по бассейну изучены в недостаточном количестве, и для составления серийных легенд требуется исследование еще примерно 20 разрезов.

Литогенетическая типизация и фациальная модель палеобассейна. Использование литолого-фациальных критериев для выделения и корреляции местных стратонов отражено в Стратиграфическом кодексе, где, в частности, указывается, что эти подразделения устанавливаются «при преимущественном учете фациально-литологических или петрографических особенностей» и должны быть «ясно отграничены от смежных подразделений как по разрезу, так и на площади». Однако критерии «ясности» и признаки для определения ранга стратонов не рассматриваются. Кроме того, отдельно взятые петрографические особенности пород не дают достаточно четких критериев для выделения стратиграфических подразделений в полевых условиях.

Наиболее полно основные параметры осадочных толщ суммирует литогенетическая характеристика. Это направление в отечественной литологии успешно развивается уже около 100 лет, начиная с работ А. П. Павлова по четвертичным отложениям. Предложено большое количество генетических классификаций как четвертичных, так и более древних отложений. Общая генетическая систематика дается в работах Д. В. Наливкина (1955—1956), Г. Ф. Крашенинникова (1971), Н. В. Логвиненко (1962), для угленосных отложений — Ю. А. Жемчужниковым (1963), П. П. Тимофеевым

(1970), для морских толщ — В. Т. Фроловым (1965, 1984) и др. Несмотря на существенные различия в подходах, основные понятия, применяемые при этом, можно сгруппировать в следующий ряд: литологические типы пород (литотипы) — литогенетические или генетические типы пород — фации. Первые две категории являются вещественными, выделенными по комплексу реально наблюдаемых признаков. Фации рассматриваются как реконструируемые подразделения — обстановки осадконакопления, выраженные определенным типом осадков, что отвечает представлениям Д. В. Наливкина (1956), Н. М. Страхова (1948), Н. В. Логвиненко (1967) и, по-видимому, принимается большинством отечественных геологов.

Основные понятия, используемые при литостратиграфическом анализе, — литотипы и фации. Литогенетические типы по принципам выделения близки к литотипам, но в отличие от последних совершенно однозначно сопоставляются с определенной палеогеографической обстановкой, по которой обычно и дается их название (аллювиальные, пойменные и т. п.), что почти тождественно принятому нами определению фации. Понятие генетических типов пород, по первоначальному определению А. П. Павлова, по-видимому, целесообразно использовать для отложений, сформировавшихся под действием какого-либо одного динамического фактора в определенной геоморфологической обстановке.

Литотип понимается как тип слоев или парагенезисов слоев, обладающих общностью седиментационных и диagenетических признаков, отражающих условия их образования. К числу этих признаков относят вещественный состав, структуру пород, окраску, особенности аутигенных и терригенных минералов, слоистость, слойчатость, строение и состав ориктоценозов, состав конкреций, морфологию слоев, цикличность строения и др. Название литотипа дается по одному или нескольким ведущим признакам для всего парагенезиса. Фациальная природа литотипов обычно устанавливается достаточно четко, что позволяет наметить эквивалентные палеоландшафтные обстановки. Имеются, однако, случаи, когда самостоятель-

ность литотипов сомнений не вызывает, но фациальная реконструкция при достигнутой степени изученности не может быть проведена с достаточной степенью детальности и обоснованности. Классификация литотипов и соответствующих им обстановок проводится с позиций системного подхода. В системе седиментационного бассейна выделяется четыре таксономических уровня литотипов и фаций: мега-, макро-, микро-, и нано-.

Основной элементарной единицей является микролитотип, т. е. тип слоя. Генетически слой является вещественным выражением существовавшего в пределах его распространения палеобиогеоценоза — элементарной палеогеографической обстановки со специфическими для нее биотическими и абиотическими условиями. Мощности слоев варьирует — первые сантиметры — метры. По набору использованных при выделении микролитотипов петрографических и палеонтологических признаков они близки к типам микрофаций карбонатных отложений, приведенным в монографии Уилсона [12]. Однако, являясь не только типами пород, но и типами элементарных осадочных геологических тел, они характеризуются также морфологией слоев, степенью выдержанности по площади, особенностями поверхностей наложения и латеральных переходов. В слое могут иметь место прослои — линзовидные или полосовидные образования, резко отличающиеся по составу от основной массы породы, появление которых связано с локальными гидродинамическими, экологическими или какими-либо иными факторами (линзы конгломератов или ракушняка в песчанике и т. п.). Мощности прослоев составляет первые сантиметры. Дать количественную характеристику отличий слоя от прослоя затруднительно, но практически они обычно различаются достаточно четко. В иерархической системе литотипов тип прослоев представляет собой наименьший — наноуровень.

Тысячи слоев, описанных при изучении ОСР Сибирской и Восточно-Европейской платформы и относящихся ко всем фациальным зонам соответствующих палеобассейнов, объединены в 47 микролитотипов. Описание их и атлас фототаблиц опубликованы в книге «Силур Сибирской

платформы» (1980), в табличной форме вся иерархия литотипов дана в сборнике «Геология и палеонтология» [8]. Объединение микролитотипов в группы проводится путем анализа вертикальных и латеральных парагенезисов и по вещественным признакам, указывающим на общность формирования в палеогеографических обстановках более значительного масштаба. При этом макролитотипы интерпретируются как макрофации, имеющие латеральное распространение в пределах фациальных зон бассейна, а мегалитотипы — мегафации, образующие фациальные пояса. Анализ пространственного расположения литотипов разного ранга и соответствующих фациальных подразделений позволяет разработать фациальную модель силурийских отложений Сибирской и Восточно-Европейской платформ [9], применимую с небольшими вариациями для всех древних платформенных областей с терригенно-карбонатным осадконакоплением. В полном идеализированном модельном профиле выделяется шесть фациальных поясов, разделенных, в свою очередь, на ряд зон. Идеализированным профилем является в том смысле, что для каждого отдельно взятого стратиграфического уровня он может быть представлен не полностью, во всяком случае масштабы проявления поясов и зон существенно различны. В то же время последовательность фациальной зональности сохраняется и служит в качестве образца для корреляции и расчленения отложений и осмысливания пространственного расположения толщ разного фациального состава. В качестве примера можно рассмотреть фациальную зональность силура Лено-Енисейского палеобассейна.

Пояс открытого глубокого шельфа характеризуется накоплением мегалитотипа тонкослоистых известняков и аргиллитов с пелагической фауной, отличающихся выдержанностью слоев на большой площади, отсутствием эрозионных контактов и в то же время наличием частых диастем, выраженных пиритизацией плоскостей наложения. Выделение фациальных зон (макрофаций) в этом поясе проводится по признакам, указывающим на различную степень аэрации придонных вод и отчасти на различия в батиметрии бассейна.

Застойная зона определяется развитием углеродистого мергельно-известнякового мегалитотипа преимущественно с нектонно-планктонной фауной — граптолитов, хиолитов, цефалопод. Мелкие, тонкостенные бентосные формы встречаются в ограниченном количестве по границам слоев. *Аэрируемая зона* характеризуется преобладанием тонкослоистых известняков с несколько более многочисленной, но также мелкой и тонкостенной бентосной фауной и, напротив, резким сокращением планктона. Пространственное расположение данной зоны свидетельствует о приуроченности ее к бортам иловой впадины или к поднятиям в центральных ее частях.

Пояс открытого мелкого шельфа наиболее дифференцирован в отношении палеогеографических обстановок. По батиметрии в нем выделяется три фациальные зоны: нижняя (переходная), средняя (штормовая) и верхняя (волновая). *Нижняя зона* представлена макролитотипом зеленовато-серых мергелей с разнообразной, но преимущественно мелкой бентосной фауной, аргиллитов с редкой пелагической фауной и обильными ходами илоедов и комковатых тонкозернистых известняков с разнообразными следами жизнедеятельности и небольшим количеством остатков бентосных беспозвоночных. Отложения этой зоны не несут следов переработки турбулентными движениями. Пространственно они являются переходными к аэрируемой зоне глубокого шельфа и характеризуются соизмеримыми с ней мощностями. *Средняя зона* представлена сходными осадками, но включает четковидные серии линз аутигенных карбонатных брекчий, часто биоморфных, с обилием отмытых полуокатанных остатков бентосной фауны — трилобитов, остракод и реже обломков мелких табулят. В распределении этих остатков и литокластов отмечаются достаточно четкая градиционная слоистость и постепенная смена вверх по разрезу тонкогоризонтальнослоистыми известково-глинистыми осадками с той же по групповому составу, но автохтонно захороненной фауной и прогрессивно увеличивающимся количеством ходов илоедов. Такие последовательности могут быть интерпретированы как штормовые отложения [16]. Верхняя

часть мелкого шельфа выделяется в *волновую зону* с развитием донных течений — макролитотип комковатых органогенно-детритовых известняков и мергелей с многочисленными врезаемыми линзами детритовых известняков с максимальным обилием и разнообразием бентоса, в т. ч. с широким развитием кишечнополостных. К этой же зоне приурочены уровни строматопоро-коралловых, строматопоро-кораллово-водорослевых дилофойдных биогермов.

Баровый пояс, объединяющий внешнюю зону открытоморских отмелей и внутреннюю зону отмелей с ограниченным водообменом, отделяет фации открытого моря от закрытого шельфа и лагун. Помимо этого, в пределах как открытого, так и закрытого шельфа, существуют отмельные фации, по набору литотипов не отличающиеся от собственно баровых. В целом для барового пояса характерны наибольшее разнообразие и изменчивость структурных и текстурных особенностей слоев, небольшая их выдержанность по площади, преимущественно известняковый состав отложений, многочисленные эрозионные поверхности, обилие колониальных форм и толстостенной бентосной фауны. *Для внешних (открытоморских) отмелей* весьма характерны банки крупных пелеципод и брахиопод, строматопоро-коралловые и кораллово-водорослевые биостромы и небольшие биогермы со шлейфами продуктов их разрушения, слои бугристо-наслоенных массивных и косослоистых раковинно-детритовых и криноидных известняков с диагенетическим кальцитовым цементом. В западинах отмельной зоны накапливались копрогенные сгустковые мергели с обильным детритом и целыми крупными раковинами беспозвоночных, частыми врезаемыми линзами крупнодетритовых известняков. *Внутренние отмели* характеризуются широким развитием строматолитовых построек, мезо- и микрофитолитовых известняков, крупнообломочных «веерных» известняковых брекчий, формировавшихся в водоворотах и течениях между строматолитовыми постройками. В полуизолированных затишных участках наблюдается накопление тонкоплитчатых пелитоморфных и сгустковых известняков, доломитовых известняков, доломитов и домеритов с остатками

остракод, пелеципод и гастропод. Отделение этих литотипов от закрыто-шельфовых возможно лишь по парагенезису с типично отмельными.

Пояс закрытого мелкого шельфа характеризуется морской обстановкой с нарушенным солевым и газовым режимом, глинисто-доломитовым и глинисто-известняковым осадконакоплением с разнообразными водорослями, обедненным и однообразным по составу комплексом бентосной фауны — остракод, гастропод, брахиопод и эвриптерид. Распространение этих отложений на огромных площадях (в миллионы квадратных километров) позволяет их интерпретировать в качестве самостоятельного палеогеографического подразделения. В пределах закрытого шельфа устанавливаются две зоны — тиховодная и подвижноводная (отмельная). Последняя обычно отделяет закрытошельфовые отложения от лагунных, но может быть развита и среди тиховодных отложений. В тиховодной зоне развиты литотипы черных пахучих известняков и доломитов с микрофитолитами, мелкими остракодами и гастроподами, доломитовых известняков с «мостовыми» однообразных мелких брахиопод, а также темно-серых аргиллитов и зеленых, реже пестроцветных домеритов. В подвижноводной зоне отмечаются аутигенные брекчии, строматолиты, пласты микро- и мезофитолитовых известняков и доломитов.

Лагунный пояс по набору литотипов с трудом отличим от закрытого шельфа, но пространственно обособляется достаточно четко как прибрежные отложения, отделенные баром от открытого моря. Выделяются два типа лагун — осолоненные и засоленные. Для осолоненных лагун характерно развитие пестроцветных домеритов, доломитовых аргиллитов и алевролитов, тонкослоистых биотурбированных доломитов, иногда с остатками эвриптерид и однообразных мелких остракод. На поверхностях наслоения обычны трещины усыхания, следы волновой ряби, встречаются глиптоморфозы каменной соли. Для засоленных лагун типичны серые гипсоносные доломиты, гипсы, ангидриты, либо пестроцветные алевролиты, домериты и сахаровидные доломиты с рассеянной гипсоносностью и обиль-

ными глиптоморфозами каменной соли по наслоению.

Береговой пояс в разной геоморфологической ситуации может быть представлен существенно различными отложениями. В условиях низменного побережья и развития надприливных равнин устанавливаются *себховые фации*, представленные тонкослоистыми породами, полосчатыми за счет частого переслаивания глинистых доломитов, домеритов и гипсов с крупной тарельчатой отдельностью, создаваемой глубокими (до 15 см) трещинами усыхания. *Пляжные фации* формируются в условиях более возвышенного побережья и представлены отмыто-детритовыми, косослоистыми известняками со следами волновой ряби, кварцевыми песчаниками с хорошо окатанной галькой кварцитов и других устойчивых к выветриванию пород, кварцево-песчаными доломитами. *Подводно-дельтовые фации* характеризуются развитием косослоистых и горизонтальнослоистых кварц-полевошпатовых разнозернистых песчаников, алевролитов с остатками рыб. Мощность их более значительна, чем пляжевых отложений.

Выделение местных стратиграфических подразделений, определение их ранга, вертикальных и латеральных границ, а также оптимального количества этих стратонов в корреляционных стратиграфических схемах тесно связаны с рассмотренной иерархической системой литотипов и фациальной моделью палеобассейна. Критерием для отнесения какой-либо толщи к рангу свиты является принадлежность ее к определенному мегалитотипу (мегафации — фациальному поясу) или в случаях отчетливого циклического строения — к смежным макролитотипам (макрофациям — фациальным зонам) соседних поясов. Для подсвит критерием является преобладание макролитотипа (макрофации — фациальной зоны) или двух соседних подразделений данного ранга. Нижняя граница свит и подсвит проводится по появлению наименее конвергентных микролитотипов, обладающих максимально возможным комплексом признаков для отнесения их к литотипу более высокого ранга. Латеральные границы местных стратонов устанавливаются на рубежах, где в результате изменения фаций остается

менее 50 % того литотипа, по принадлежности к которому данное подразделение было выделено. Мощности толщ, относящихся к рангу свит и подсвит, определяющего значения не имеют, однако, по-видимому, нецелесообразно выделять подразделения, которые не могут быть графически изображены на крупномасштабных картах. Однородные в литолого-фациальном отношении толщи большой мощности (сотни метров и более) не разделяются на свиты. В качестве картируемых единиц в этом случае используются биостратиграфические подразделения.

Сказанное может быть проиллюстрировано на примере мойероканского горизонта нижнего лландовери Лено-Енисейского стратиграфического региона. В северо-восточной части Таймыра полный разрез лландоверийского яруса выделяется в двойнинскую серию, сложенную преимущественно углеродистыми аргиллитами с граптолитами (застойная зона глубокого шельфа). В силу литологической однородности она не может быть подразделена более дробно, и здесь выделяются слои с фауной. В Норильском, Игарском и Туруханском районах Сибирской платформы по развитию в основании разреза силура темноцветных аргиллитов и известняков выделяется чамбинская свита, отвечающая низам двойнинской серии. Установлена она по преобладанию мегалитотипа тонкослоистых известняков и аргиллитов с планктонной и глубоководной бентосной фауной (открытый глубокий шельф). Свита подразделена на две подсвиты: нижнюю — макролитотип углеродистых тонкослоистых аргиллитов и мергелей с преимущественно нектонной и планктонной фауной (застойная зона глубокого шельфа), и верхнюю — макролитотип тонкослоистых известняков с преимущественно глубоководной бентосной фауной (аэрируемая зона глубокого шельфа). Нижняя граница проводится по поверхности стратиграфического перерыва, верхняя — по подошве слоя комковатых органогенно-детритовых известняков с многочисленной раковинной фауной с остатками кораллов — микролитотипа, характерного для вышележащей свиты. Следует отметить, что маломощные прослои глинистых комковатых известняков встречались и в верхней части разреза чамбинской

свиты, но они не имели всех признаков данного литотипа, характеризуясь повышенной глинистостью, отсутствием или небольшим количеством кораллов и др. В сопредельном к востоку Мойероканском районе преобладает мегалитотип комковатых глинистых известняков с разнообразной бентосной фауной (открытый мелкий шельф — переходная и штормовая зоны). Характерные для чамбинской свиты тонкослоистые известняки и аргиллиты сохраняются лишь в нижней части разреза, что послужило основанием для выделения новой — мойероканской — свиты и ее подсвит. Южнее, в Вилюйском районе, одновозрастные отложения, представленные мегалитотипом известняков и доломитов с угнетенной бентосной фауной и водорослями (закрытый мелкий шельф), могут быть выделены в новую свиту. Отложения открытого шельфа присутствуют только в нижней части разреза.

Существенную роль в выделении и корреляции местных стратонів играют палеонтологические исследования — выделение экологических сообществ, специфичных для всех таксономических уровней литотипов и фаций, а также биостратиграфический анализ [13], особенно необходимый при редкой сети опорных разрезов, когда непосредственная литологическая корреляция затруднена. Кроме того, исключительно биостратиграфическими методами обеспечивается возрастная датировка и сопоставление с единой шкалой.

Цикличность, проявляемая в повторении близких по составу осадочных толщ, характерна для всех платформенных областей. Значение анализа цикличности определяется относительной синхронностью ее проявления на значительных площадях, что обусловлено региональной, иногда даже планетарной природой этого явления — тектоническими колебательными движениями, вариациями климата, эвстатическими изменениями уровня Мирового океана и т. д. Определения исходных понятий, масштабы и формы проявления периодичности осадконакопления рассматриваются во многих публикациях [1, 6]. В настоящей статье под циклом, согласно Н. Б. Вассоевичу, понимается последовательный ряд чем-либо связанных между собой явлений. Ритмичность рассматривается

как частное проявление цикличности и предусматривает равномерную повторяемость явлений. Весьма существенно, в каких единицах следует анализировать цикличность. Для терригенных толщ широко применяется granulометрическая характеристика и анализ породных ассоциаций обычно безотносительно к условиям их образования. Для карбонатных и терригенно-карбонатных толщ платформенных областей, на наш взгляд, наиболее информативно применение фациально-циклического анализа, позволяющего с учетом разработанной иерархической системы литотипов и фаций достаточно наглядно выявить разнопорядковую цикличность и сравнивать состав и строение цикличнопостроенных отложений по площади [1, 7, 8]. Понятие «циклы» используется при характеристике процесса периодичности; для вещественного выражения этого процесса применяется предложенный Ю. Н. Карагодиным термин «циклит». По строению среди цикллитов выделяется два основных типа: асимметричные и симметричные. Асимметричные цикллиты бывают трансгрессивными — с прогрессивным увеличением признаков открытого моря, и регрессивными — при обратной последовательности. Границы цикллитов обычно четкие и устанавливаются по резкой контрастной смене условий седиментации. В случае симметричных цикллитов (трансгрессивно-регрессивных с различной степенью развития той или иной стадии) границы устанавливаются по изменению тенденции в осадконакоплении и обычно проводятся по наиболее узким интервалам обмеления или в целом отклонения от нормальной солености.

По масштабам проявления в изученных палеобассейнах устанавливаются цикллиты четырех порядков, нумерация которых ведется от элементарных цикллитов как наиболее определенной точки отсчета. Цикллиты I порядка (микроцикллиты) представляют собой наименьшие, элементарные подразделения, которые могут быть определены по направленности изменений сочетания слоев (микролитотипов — микрофаций). Мощность их обычно от десятков сантиметров до первых метров. Цикллиты II порядка (мезоцикллиты) состоят из набора микроцикллитов или сравнительно одно-

родных пачек с определенной направленностью изменений. Цикллиты III порядка (макроцикллиты) образованы рядом закономерноменяющихся мезоцикллитов, либо макролитотипов — макрофаций. Мощность — первые сотни метров. Цикллиты IV порядка (мегацикллиты) слагаются сочетанием макроцикллитов с определенной направленностью изменений. Мощность 500—700 м.

Применительно к теме статьи, анализ цикличности рассматривается как важный, но вспомогательный метод характеристики и корреляции стратиграфических подразделений, выделяемых для геологической съемки (горизонтов, свит, подсвит и др.). Самостоятельная шкала циклостратиграфических подразделений (ритмосвит, разнообразных циклолитов и др.) может применяться, по-видимому, лишь для специальных целей — прогноза нефтеносности, решения различных проблем тектоники, в региональной стратиграфии докембрия и т. п.

Корреляционная роль анализа цикллитов зависит от площади их распространения и наиболее значительна для цикллитов III и IV порядков. Так, силурийско-раннедевонский мегацикллит регрессивной направленности хорошо узнается в пределах всего Лено-Енисейского бассейна, отражая его постепенное пульсационное замыкание. Для региональной стратиграфии наиболее существенны макроцикллиты: лlandoверийский и венлокско-раннедевонский. Несмотря на значительную латеральную изменчивость фациального состава отложений, в различных зонах бассейна сохраняется примерная изохронность границ этих цикллитов и, что особенно важно, стадий их формирования.

В лlandoверийском макроцикле устанавливаются три стадии. Фациальная катена ранней стадии включает смену обстановок глубокого шельфа, различных зон мелкого шельфа, барового пояса, закрытого шельфа и лагун. Средняя стадия характеризуется сменой различных зон открытого мелкого шельфа и в краевой части бассейна лагунными и отмельными обстановками. Поздняя стадия, отвечающая максимальной регрессии в данном цикле, включает склоновые, баровые и закрытошельфовые обстановки, в краевых частях — лагунные.

Для этого уровня маркирующее значение имеет развитие красноцветных пород, сформировавшихся в разной фациальной обстановке, но, по-видимому, в результате одной причины — общей аридизации климата.

Второй макроцикл в силурийской его части также состоит из трех стадий. Для ранней из них характерна смена по латерали обстановок открытого мелкого шельфа, барового пояса и закрытого шельфа. Трансгрессия венлокского моря совпала, по-видимому, с планетарным потеплением климата, что отразилось в максимальном развитии кишечнополостных и образовании органогенных построек. В средней стадии на северо-западе бассейна преобладали баровые и закрытошельфовые фации, на остальной части — осолоненнолагунные. В заключительную стадию по всей территории формировались осадки засоленных лагун.

Выделение региональных горизонтов в стратиграфической схеме [9] связано с рассмотренными фациальными катенами стадий формирования макроциклов, что вполне отвечает положению Стратиграфического кодекса об этих подразделениях как этапах развития региона. Биостратиграфический анализ фаунистических комплексов [5, 9, 10, 11, 15] подтверждает эти данные для морских толщ и не противоречит им для лагунных и закрытошельфовых.

На основе рассмотренных выше положений недавно было проведено обобщение по межрегиональной корреляции стратифицированных образований территории СССР [2], которое сопровождалось, в частности, схемами эволюции осадконакопления, характеристикой фаций и цикличности в платформенных областях. Несмотря на вынужденную схематичность этих данных, по всем разрезам фанерозоя прослеживаются фациальная специфичность выделенных региональных горизонтов и закономерная связь их со стадиями крупных циклов осадконакопления. Все это вселяет определенный оптимизм в вопросе применения изложенного подхода к состав-

лению литолого-стратиграфических схем не только силурийских, но и всех фанерозойских отложений и дает возможность уточнить границы и объемы стратиграфических подразделений, а также провести их корреляцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ботвишкина Л. Н., Алексеев В. П. Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. — Свердловск: Уральский ун-т, 1991.
2. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых/Под ред. Е. А. Козловского. — Л.: Недра, 1989. Т. 10. Кн. 1.
3. Задачи и правила изучения и описания опорных стратиграфических разрезов/Под ред. А. И. Жамойды. — Л.: Наука, 1983.
4. Крашенинников Г. Ф. Учение о фациях. — М.: Высшая школа, 1971.
5. Опорный разрез реки Мойеро силура Сибирской платформы/Под ред. Б. С. Соколова. — Новосибирск: Наука, 1985.
6. Периодические процессы в геологии/Под ред. Н. В. Логвиненко. — Л.: Недра, 1976.
7. Практическая стратиграфия/Под ред. И. Ф. Никитина, А. И. Жамойды. — Л.: Недра, 1984.
8. Предтеченский Н. Н. Литолого-фациальные критерии выделения местных и региональных стратиграфических подразделений//Геология и палеонтология (к 100-летию со дня рождения Д. В. Наливкина). Л., 1989. С. 122—134.
9. Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири. — Новосибирск: Наука, 1983.
10. Силур Сибирской платформы. Новые региональные и местные стратиграфические подразделения/Под ред. Б. С. Соколова. — Новосибирск: Наука, 1979.
11. Силур Сибирской платформы. Разрезы, фауна и флора северо-западной части Тунгусской синеклизы/Под ред. Б. С. Соколова. — Новосибирск: Наука, 1982.
12. Уилсон Дж. Л. Карбонатные фации в геологической истории. — М.: Мир, 1980.
13. Фауна и флора силура Заполярья Сибирской платформы/Под ред. Б. С. Соколова. — Новосибирск: Наука, 1986.
14. Фации и фауна силура Прибалтики/Под ред. Д. Л. Кальо. — Таллинн: АН ЭССР, 1977.
15. Форш Н. Н. О стратиграфическом расчленении и корреляции разрезов татарского яруса по комплексу литолого-стратиграфических и палеонтологических данных//Палеомагнитные стратиграфические исследования. Л. 1963.
16. Циклическая и событийная седиментация/Г. Эйнзеле и А. Зейлахера. — М.: Мир., 1985.

Стратиграфия и геохронология

А. Н. ОЛЕЙНИКОВ

Результаты стратиграфических исследований лежат в основе большинства геологических построений, использующих информацию о последовательности образования, возрасте и критериях синхронизации природных объектов и явлений. События, запечатленные в описываемых стратиграфией системах, отражают хронологию эволюционного развития Земли и являются важнейшим инструментом отсчета геологического времени. Вследствие этого стратиграфия лежит в основе практически всех геологических дисциплин — геохронометрии, формациологии, геотектоники, металлогении и различных видов геологического картирования. Несомненно и наличие тесных обратных связей между стратиграфией и другими геологическими дисциплинами. В силу этого для дальнейшего совершенствования стратиграфии как фундаментальной науки большое значение имеют решение эволюционных проблем геологии, связанных с изучением взаимодействия геологических и биологических процессов в их динамике, а также расширение исследований в области общей теории Земли.

Эмпирически установлено, что в ходе геологической истории постепенно усложняются структуры и возрастает вещественное разнообразие природных объектов на различных материальных уровнях (от химических соединений до планетарных образований). При этом эволюция органического и неорганического мира протекает взаимосвязанно, хотя нередко фиксируется видимая дивергенция этого процесса. Тем не менее, совокупность имеющихся фактических данных приводит к выводу о существовании некоторых основополагающих законов, определяющих общность тенденций эволюции биоса, геосфер планеты и Космоса.

Одна из общих закономерностей, присущая эволюционному развитию природных объектов вне зависимости от их принадлежности к органиче-

скому или неорганическому миру, — их акселерация во времени. Одним из внешних и наиболее просто фиксируемых показателей акселерации является скорость протекания природных процессов. На основании материалов, полученных в результате стратиграфических исследований, отмечается, например, возрастание скоростей осадконакопления во времени, уменьшение интервалов между синфазными тектоническими актами, увеличение скорости спрединга вблизи срединно-океанических хребтов, сокращение отрезков времени между моментами активизации видообразования. Вместе с тем очевидно, что перечисленные объекты и явления имеют различную сущность, и видимое сходство в истории их развития может быть обусловлено воздействием различных факторов и закономерностями, характеризующимися различными математическими параметрами.

В связи с этим весьма важно расширение исследований, направленных на разработку информационно-логического и математического аппарата, позволяющего адекватно отображать направленность геологических процессов и выявлять критические рубежи в истории Земли, на которых нарушается функциональная зависимость эволюционных параметров или изменяются закономерности, описывающие их развитие.

С помощью методов относительной и «абсолютной» геохронометрии установлен ряд стратиграфических рубежей, которые обычно принимаются в качестве реперов, используемых для привязки событий, имевших место в истории Земли, например для датировки тектонических фаз и минерогенических эпох. Пользуясь этой шкалой отсчета, специалисты, работающие в сфере различных геологических дисциплин, проецируют на ось времени проявления положительных и отрицательных движений земной коры, моменты ка-

тактизм и эпохи активизации эндогенной деятельности. При этом необходимо иметь в виду, что так называемая шкала абсолютной геохронометрии представляет собой лишь в той или иной мере приемлемую рабочую схему, в основе которой лежит, в частности, предположение о существовании стабильной физической величины, известной под названием гравитационной постоянной. Однако вопрос о том, действительно ли эта величина стабильна во времени и неизменна в различных частях космического пространства, не может быть пока решен однозначно.

Попытки установить связь биотических событий на Земле с воздействиями геологических и космических факторов издавна предпринимались многими исследователями. Несомненно, на вымирание или расцвет отдельных групп организмов, используемых при построении геохронологических шкал, могли влиять перемещения континентов, изменения условий седиментации, эвстатические колебания уровня океанов, динамика режима водоемов, вулканическая деятельность, изменения газового состава атмосферы и другие планетарные явления, которые могут быть взаимосвязаны с космическими циклами различных порядков.

Методология соответствующих исследований строится обычно по одной из следующих схем.

1. Фиксируются во времени моменты проявления исследуемых геологических событий и устанавливаются факты сосуществования (парагенеза) или иных взаимоотношений, на основании которых формируются гипотезы о наличии причинно-следственных связей между объектами и явлениями различной природы.

На базе этого подхода вопрос о выявлении причин и следствий не всегда может быть решен с должной убедительностью. Так, факт вымирания в позднем мелу крупных пресмыкающихся на суше и ряда групп планктонных организмов в морях, с одной стороны, едва ли мог быть причиной последовавшего за этим ларамийского горообразования. С другой стороны, частичное совпадение во времени эпохи усиления тектонической деятельности и массовых вымираний не может трактоваться однозначно. Статистическая связь такого типа может оказаться

лишь кажущейся, поскольку наличие корреляционных (в математическом значении) зависимостей между объектами *A* и *B* в действительности может явиться следствием воздействия некоторого третьего фактора *C*, вообще не включенного в данное рассмотрение.

2. На протяжении некоторого ограниченного отрезка времени фиксируются сходные события, и при наличии их повторяемости делается вывод о циклическом характере исследуемых геологических явлений.

Посредством таких операций в истории Земли установлено огромное число циклов различной продолжительности. Некоторые из них могут быть сопоставлены с известными или предполагаемыми космическими параметрами, что дает возможность трактовать такие циклы как планетарные.

Исходя из имеющейся геохронометрической оценки продолжительности формирования стратонов в ранге ярусов и отделов систем можно априори утверждать, что если (даже не производя соответствующих статистических операций!) принять протяженность подобных циклов равной 10—12 или 20—25 млн лет, то сеть соответствующих рубежей надежно перекроет наблюдаемую периодичность большинства геологических событий, повторяющихся в пределах любой системы фанерозоя, и позволит говорить о выявлении некоторой циклической закономерности. Наблюдаемые отклонения от строгой циклической повторяемости нетрудно в этом случае объяснить воздействием наложенных, еще неизвестных, факторов. Анализ многочисленных построений этого типа показывает, что их авторы достигают наибольшего правдоподобия своих гипотез при выборе в качестве шага постулируемых ундуляций величины, кратные $11 \pm$ и $22 \pm$ млн лет.

Более строгим представляется построение моделей с учетом наиболее общих закономерностей, которые могут быть связаны с космическими циклами высоких порядков, и последующей детализации событийных шкал для отдельных интервалов геологической истории по мере накопления надежных фактических данных.

Едва ли подлежит сомнению то, что на цикличность, отразившуюся в структуре геохронологических подразделений, должно влиять движение Солнеч-

ной системы вокруг центра Галактики. Однако количественная оценка параметров движения сопряжена со значительными трудностями.

Среднее расстояние от Солнца до центра Галактики оценивается различными исследователями весьма приблизительно — от 7 до 10 кпс (килопарсек). Столь же условна оценка средней скорости сидерического обращения Солнца относительно этого центра (200—300 км/с). Исходя из этих величин продолжительность космического года может быть определена в достаточно широких пределах — от 170 до 250 млн лет.

В. В. Паренаго (1952) предложил формулу гравитационного потенциала Галактики и, не учитывая ее спиральную структуру, определил сидерический период обращения Солнечной системы, равный 212 млн лет. По расчетам А. А. Ефимова, Ю. А. Заколдаева и А. А. Шпитальной [1] протяженность космического года составляет 217 млн лет. Однако стратиграфические данные не позволяют безоговорочно принять эти оценки. Учитывая, например, периодичность максимумов складчатости, разделенных интервалами около 180 млн лет, вероятно, можно ввести определенные коррективы в расчеты, выполненные астрономами.

Поскольку, согласно закону Кеплера, обращение Солнечной системы вокруг центра галактических масс должно совершаться по орбите, близкой к эллиптической, есть основания предполагать, что скорость ее движения не могла оставаться неизменной на всем протяжении орбиты. Приняв предположение об эллиптической форме галактической орбиты Солнца, А. А. Ефимов и др. соотнесли сидерический галактический год (т. е. полный цикл обращения Солнечной системы относительно центра Галактики) с геохронологической единицей, равной геологической эре, и рассчитали, что в области перигалактия (точка орбиты наиболее приближенная к центру Галактики) Солнечная система должна передвигаться с наибольшей скоростью, а в области апогалактия (точка наиболее удаленная от центра Галактики) — с наименьшей.

Следствием движения Солнечной системы по орбите, близкой к эллипсу, по-видимому, может явиться неравно-

мерность последовательного проявления различных геологических процессов. Следует ожидать существования в истории Земли периодов, соответствующих галактической зиме (наиболее коротких), галактическому лету (наиболее протяженных), и разделяющих эти космические «сезоны» интерстадиалов, приблизительно равных по длительности.

К сожалению, при оценке протяженности соответствующих космических «сезонов» авторы названной работы [1] исходили из необоснованной со стратиграфической точки зрения гипотезы о длительности космического года, а также приняли в качестве протяженностей геологических периодов средние величины, вычисленные по совокупности датировок, фигурирующих в различных геохронологических шкалах. Некорректность такого подхода обесценивает предложенные ими количественные расчеты. Вместе с тем едва ли подлежит сомнению, что движение Солнца по галактической орбите должно было отразиться на геологической истории Земли.

Анализ стратиграфических данных, характеризующих длительность гипотетического галактического года, позволяет сделать некоторые небезынтересные выводы. Возникают, в частности, определенные сомнения в незыблемости хрестоматийных представлений об объеме и продолжительности геологических эр фанерозоя. Еще в 1962 г. В. В. Друшиц и В. Н. Шиманский пришли к заключению, что эволюцию органического мира палеозоя можно подразделить на два больших этапа, рассматриваемых в качестве самостоятельных эр. По их предположению граница между этими подразделениями соотносилась с основанием девона. В. Л. Лелешус [2] несколько скорректировал положение данной границы и провел ее внутри силура — по подошве пражидольского яруса. Стратиграфические материалы, накопленные к настоящему времени, позволяют еще больше сместить рассматриваемый рубеж вниз по разрезу и совместить его с границей ордовика и силура. С другой стороны, по-видимому, заслуживает внимания предложение Л. И. Салопа [4] о необходимости включения венда в состав раннего палеозоя.

С учетом изложенного в объеме

1. Продолжительность возрастных подразделений фанерозоя, млн лет

Эра	Период	Возраст нижней границы	Продолжительность
Кайнозой		65	165
Мезозой	Мел	145,6	81
	Юра	208	62
	Триас	245	37 Σ 180
Поздний палеозой	Пермь	290	45
	Карбон	362,5	73
	Девон	408,5	46
	Силур	439	31 Σ 195
Ранний палеозой	Ордовик	510	71
	Кембрий	570	60
	Венд	650	80 Σ 211

фанерозоя устанавливаются четыре эры: кайнозой, мезозой, поздний палеозой и ранний палеозой (название «метазойская эра», предлагавшееся ранее для позднего палеозоя, излишне и терминологически не вполне удачно, т. к. термин «метазой» означает «последний»).

Приняв геохронометрические оценки продолжительности геологических периодов, начиная с кембрия, по У. Б. Харленду и др. [8], и посчитав возраст нижней границы венда, согласно Б. С. Соколову и М. А. Федонкину, равным 650 ± 20 млн лет [9], можно определить сравнительную протяженность эр, слагающих фанерозой (табл. 1). Как видно из табл. 1, происходит постепенное сокращение продолжительности трех фанерозойских эр. При этом каждая последующая эра короче предыдущей на 15 млн лет. Если эта тенденция сохранится и в дальнейшем, то экстраполяция позволяет допустить максимальную длительность кайнозойской эры 165 млн лет. Таким образом, полная тетрада стратонов рассматриваемого ранга, слагающих фанерозой, должна охватить временной интервал, равный 750 млн лет.

Наличие многочисленных противоречивых точек зрения разных исследователей относительно объема и возрастных оценок стратиграфических подразделений докембрия не позволяет в на-

стоящее время построить надежную количественную модель, отражающую геохронологические закономерности этих образований. Однако и на уровне относительной геохронологии могут быть сделаны некоторые принципиальные выводы.

С 1982 г. У. Б. Харленд и др. [7] рассматривают в качестве эонов фанерозой, протерозой, архей, а также доархейское время, для которого ими было предложено наименование «прискойский эон». Эта же точка зрения повторена в монографии У. Б. Харленда с другой группой соавторов [8]. В числе подразделений, соответствующих рангу эры, в обеих упомянутых работах назван, в частности, рифей.

Логически более оправдан подход, узаконенный Стратиграфическим кодексом СССР (1976), согласно которому таксономический ранг стратиграфического подразделения должен определяться значением соответствующего ему этапа геологической истории, отраженного в эволюции планеты. В соответствии с этим при определении ранга подразделения следует сравнить соответствующий ему этап геологической истории с разнозначными этапами в пределах более крупного по рангу подразделения, к которому относится данный этап [5].

Если согласиться с этим принципом, то необходимо констатировать, что в классификации У. Б. Харленда на один уровень поставлены подразделения различного ранга. Так, рифей по своей значимости, по-видимому, должен рассматриваться как подразделение более высокой таксономической категории, нежели эра, а протерозой не может быть поставлен в один систематический ряд с фанерозоем.

Иерархия геохронологических единиц, определенная в проекте второго издания Стратиграфического кодекса СССР [6], предусматривает введение подразделений более высокого ранга, чем эон. Таковым является акрон (и соответствующая ему стратиграфическая единица — акротема). По этой схеме протерозой и архей должны рассматриваться в качестве акронов, а подчиненные протерозою рифей и карелий (ранний протерозой) — в качестве эонов.

Для акрона, охватывающего период времени от гипотетического рубежа образования Земли (4,7 млрд лет) до

начала протерозоя, по-видимому, не следует вводить новое название и целесообразно именовать его археем. В составе архейского акрона можно выделить два этапа, которые в соответствии с рекомендациями В. А. Рудника и Э. В. Собоновича [3] могут быть названы азоем и археозоем.

Реально существовавший этап развития Земли с момента ее образования до наступления фанерозойского эона, обозначаемый термином «криптозой» (греч. — время скрытой жизни), можно выделить как самостоятельную геохронологическую единицу. Для единиц этого ранга И. И. Краснов предложил наименование «мегахрон» [6]. Фанерозойский эон знаменует начало нового акрона и нового мегахрона. В связи с временной незавершенностью этих возрастных единиц присваивать им самостоятельные названия нецелесообразно, и в соответствующих контекстах они могут именоваться фанерозойским акроном или мегахроном.

Рассматриваемая иерархия геохронологических единиц высшего ранга, отражающих развитие геологических образований на вещественном уровне, соотносима с последовательностью стадий развития органического мира (табл. 2). Иерархическая схема геохронологических подразделений отвечает соподчиненности стратонов высшего ранга, фиксируемой в геологи-

ческом разрезе земной коры. Однако вопрос о точных возрастных датировках представленных в ней рубежей, несмотря на существенные достижения абсолютной геохронометрии, не решен окончательно. Одним из основных дискуссионных вопросов, по-видимому, остается оценка положения нижней границы фанерозоя.

Самостоятельной проблемой является геохронологическая интерпретация стратиграфических последовательностей, фиксируемых на уровне геологических систем и подчиненных им подразделений. Изучение периодичностей геологических событий, позволяющее проследить эволюционную направленность природных процессов в пределах геохронологических единиц низших уровней, не исключает возможности принятия гипотезы о квантованности геологического времени, т. е. о наличии некоторой элементарной единицы, которой подчинена его структура. Принятие этой концепции может открыть новые возможности для решения задач стратиграфического расчленения и корреляции подразделений в иерархическом комплексе стратиграфических единиц — от системы до яруса включительно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимов А. А., Заколдаев Ю. А., Шпитальная А. А. Астрономические основания аб-

2. Иерархия геохронологических подразделений высшего ранга

Геохронологические подразделения			Биостратиграфический критерий
Мегахрон	Акрон	Эон	
Фанерозойские мегахрон и акрон		Фанерозой	Развитие многоклеточных (<i>Metazoa</i>)
Криптозой	Протерозой	Рифей	Развитие эукариотов
		Карелий	Биохимическая специализация органических структур. Появление эукариотов
	Архей	Археозой	Развитие прокариотов
		Азой	Дифференциация химических образований. Эволюция молекулярных структур

- солютной геохронологии//Солнечные часы и календарные системы народов СССР. Л., 1985. С. 185—201.
2. Лелешус В. Л. Вращение Солнечной системы вокруг центра Галактики и геологические эры//Изв. АН ТаджССР. Отд. физико-математических, химических и геологических наук. 1985. № 2 (96). С. 51—56.
 3. Рудник В. А., Соболев Э. В. Ранняя история Земли. — М.: Недра, 1984.
 4. Салоп Л. И. Геологическое развитие Земли в докембрии. — Л.: Недра, 1982.
 5. Стратиграфический кодекс СССР/Под ред. А. И. Жамойды. — Л.: ВСЕГЕИ, 1979.
 6. Стратиграфический кодекс СССР. 2-е изд. Проект/Под ред. А. И. Жамойды. — Л.: ВСЕГЕИ, 1988.
 7. Шкала геологического времени/У. Б. Харленд., А. В. Кокс, П. Г. Ллевеллин и др. — М.: Мир, 1985.
 8. A geologic time scale 1989/W. B. Harland, R. L. Armstrong, A. V. Cox//Cambridge, University Press, 1990.
 9. Sokolov B. S., Fedonkin M. A. The Vendian as a terminal system of the Precambrian// Episodes, 1984. N 1. P. 12—19.

УДК 551.71/.72

© Ю. Р. Беккер, 1992

Особенности стратиграфии докембрия — реальные и мнимые

Ю. Р. БЕККЕР

Общие проблемы стратиграфии докембрия и ее особенности в сравнении с фанерозоем неоднократно обсуждались в литературе. Высказанные представления существенно различались: с одной стороны, почти полностью отрицались принципы актуализма в стратиграфии докембрия, с другой — признавалось единство основных задач и методов стратиграфии докембрия и фанерозоя. Эти представления отражены в трудах Межведомственного стратиграфического комитета (МСК), посвященных стратиграфической классификации и терминологии.

Как известно, общие вопросы стратиграфии докембрия рассматривались в этих изданиях первый раз в так называемой «зеленой книжке» под редакцией Л. С. Либровича [7], второй — в «серой книжке» под редакцией А. П. Ротая [8]. Последняя работа была переиздана в книге «Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура» [9], которая утверждена МСК в качестве «обязательного положения для геологических организаций СССР». В позднейших выпусках МСК, проектах Стратиграфического кодекса и в последнем, ныне действующем, эти вопросы не затрагиваются. При подготовке к изданию нового Стратиграфического кодекса в комиссии под председательством А. И. Жамойды, а также на Втором Всесоюзном совещании по общим вопросам расчленения докембрия (Уфа, 1990) обсуждение общих особенностей стратиграфии докембрия было возобновлено. Дискуссия показала, что на современном этапе следует вновь вернуться к этой важной

проблеме с учетом последних достижений в быстро развивающейся геологии докембрия.

Написанный почти сорок лет назад раздел по стратиграфии докембрия, помещенный в «зеленой книжке», до сих пор не утратил своего значения. В нем рассматриваются методы расчленения докембрия и подчеркивается значение местных стратиграфических подразделений. Иначе почти тот же материал изложен в «серой книжке», где большое внимание уделено особенностям стратиграфии докембрия. Самостоятельный раздел так и назван «Особенности стратиграфической классификации и терминологии докембрия». Содержание этого раздела, изданного дважды, глубоко укоренилось в сознании многих геологов. В известной мере этому способствовало утверждение раздела в качестве обязательного руководства, а также то обстоятельство, что оно было издано к XXI сессии Международного геологического конгресса, переведено на английский язык и стало широко известным не только в СССР, но и за рубежом. В связи с этим рассмотрим, в какой мере реальные особенности стратиграфии докембрия отражены в его обязательных положениях.

В работе приведены шесть критериев расчленения докембрия.

Критерий 1. Стратиграфические и структурные несогласия регионального характера, в особенности несогласия в плане строения складчатых областей. Структурный критерий широко используется в дофанерозое для разграничения нижнего докембрия, слагающего

нередко куполовидные ансамбли, от верхнего докембрия в линейных зонах, облекающих крупные глыбы с куполовидным строением. Важное значение имеют и угловые несогласия, разделяющие нижне-, и средне- и верхнерифейские образования в стратотипических разрезах. Роль перерывов в стратиграфии рассматривал Д. В. Наливкин (1974). Позднее [5] разработана специальная классификация стратиграфических перерывов.

Таким образом, критерий 1 совершенно правильно подчеркивает важность установления структурных и стратиграфических соотношений в геологических разрезах. Однако тектоностратиграфический критерий используется не только в докембрии. Достаточно отметить значение предмезозойского несогласия на Северном Кавказе или различных простираций каледонских и герцинских структур в Казахстане, чтобы напомнить — названные признаки существенны не только для докембрия, но и для фанерозоя. С их помощью выделены многие местные (серии, комплексы), региональные (горизонты) и общие стратиграфические подразделения.

Критерий 2. Присутствие или отсутствие синорогенных и апорогенных интрузий гранитоидов и проорогенных и синорогенных экстрюзий и интрузий основных пород (офиолиты). Соотношение интрузивных комплексов, особенно хорошо датированных, реперных с вмещающими отложениями свидетельствует о возможном их верхнем возрастном пределе, независимо от того, к какой части стратиграфической шкалы они принадлежат — докембрийской или фанерозойской. Показательна в этом отношении и офиолитовая проблема, которая возникла на фанерозойских материалах и только позднее была перенесена на докембрийские разрезы. В тех случаях, когда супракрустальные комплексы с несогласием перекрывают реперные интрузии и содержат продукты их размыва, можно определить и нижний возрастной предел.

Рассматриваемая методика достаточно известна и широко апробирована, но она не может претендовать на высокую точность и детальность стратиграфического расчленения вмещающих отложений. Исходя из этой методики вряд ли можно сколько-нибудь успешно использовать для расчленения до-

кембрия факт отсутствия тех или иных интрузий.

Критерий 3. Структурно-фациальные и литологические особенности. Присутствие некоторых характерных формаций. Структурно-фациальные и структурно-формационные критерии давно применяются при расчленении докембрия, но нельзя не отметить, что они впервые были разработаны для фанерозойских комплексов, среди которых выявлены маркеры узкого стратиграфического диапазона (верхнемеловая формация и др.). Для расчленения собственно докембрийских образований существенное значение приобретают некоторые характерные супракрустальные и интрузивные комплексы, такие как гранит-рапакиви, обычно не выходящие за пределы криптозоа. Хотя прежние представления об узком стратиграфическом диапазоне (1950—1750 млн лет) этих реперных интрузий были существенно поколеблены новыми датировками бердяушского рапакиви (1350 млн лет), тем не менее они сохраняют свое значение как надежные индикаторы определенной части протерозоя (1950—1350 млн лет). Широкое распространение главной массы рапакиви в стратиграфическом диапазоне 1950—1700 млн лет и породило в значительной мере так называемую проблему «среднего» протерозоя в СССР.

Критерий 4. Различие в степени метаморфизма пород. Значение этого признака с различных позиций давно обсуждается в литературе. Если отмежеваться от крайних представлений, то можно резюмировать, что критерий 4 имеет существенное значение для расчленения докембрийских и в особенности нижнедокембрийских комплексов. Вместе с тем метаморфические породы развиты не только в докембрии, но и в фанерозое (Р. Б. Ньюмен, 1973). И хотя их значение среди фанерозойских комплексов более ограничено, чем это представлялось ранее, сфера действия рассматриваемого критерия не может быть ограничена только пределами докембрия. Методика изучения и расчленения метаморфических комплексов вряд ли существенно преобразится, если изменится их стратиграфическое положение по отношению к границе кембрия—докембрия. Кроме того, в полном виде полиметаморфические комплексы развиты намного ниже этой границы, поскольку рифейские образо-

вания по характеру метаморфизма незначительно отличаются от палеозойских. Поэтому особенности изучения метаморфических пород обусловлены их структурно-петрографическими, а не возрастными признаками.

Критерий 5. Данные об абсолютном возрасте. Различные изотопные методы применяются в докембрии для определения времени седиментации и позднейших наложенных процессов. Некоторые из них имеют возрастные ограничения. Однако граница кембрия — докембрия не является в этом отношении показательной, поскольку аналогичные или близкие методы используются при стратиграфическом изучении фанерозоя. Показательные примеры широкого использования изотопных данных для фанерозоя и докембрия приведены в работе [13].

Критерий 6. Палеонтологические данные. Значение критерия 6 было несомненным, пока палеонтология ограничивалась изучением только фанерозойских объектов. С расширением сферы деятельности палеонтологий и внедрением ее в докембрий этот критерий утратил свое значение. Палеонтологические данные все шире используются в стратиграфии как верхнего, так и нижнего протерозоя [6]. При этом учитываются общие принципы и некоторые методики, применяемые при биостратиграфии фанерозоя. Находки древнейшей несомненно докембрийской фауны и ряда других более древних весьма своеобразных биот показывают, что рубеж фанерозоя и протерозоя не является нижней границей применения палеонтологических методов.

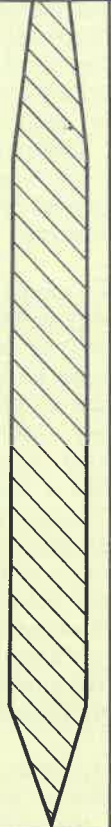
Таким образом, анализ критериев, приведенных в главе «Особенности стратиграфической классификации и терминологии докембрия» [8], не обнаруживает среди них специфических, присущих только докембрию. Все шесть рассмотренных критериев используются в стратиграфии как докембрия, так и фанерозоя.

Из изложенного не следует, что стратиграфическая палитра в фанерозое и докембрии полностью идентична и однородна. Роль стратиграфических методов в фанерозое и докембрии различная (рисунок). Так, в стратиграфии докембрия используется комплекс методик, получивших название «историко-геологического метода». Значение историко-геологических построений, которые

Н. С. Шатский (1960) считал «единственным методом» решения стратиграфических вопросов верхнего докембрия и с помощью которых преодолеваются многие сложные геологические проблемы, вряд ли стоит преуменьшать в стратиграфии не только верхнего, но и всего докембрия. Между тем на современном этапе изучения стратиграфии фанерозоя эти построения имеют меньшее значение и по степени детальности и надежности уступают более точным биостратиграфическим. Последние в связи с их ограниченной ролью в нижнем докембрии пока трудно распространить на все стратифицированные докембрийские образования. Отмечая различный статус историко-геологических и биостратиграфических построений в стратиграфии докембрия и фанерозоя, нельзя не подчеркнуть возрастающее значение палеонтологических данных в расчленении и корреляции позднего докембрийских образований. Вместе с тем представления о том, что стратиграфия фанерозоя и докембрия существенно различается по методам исследования, себя не оправдывают.

Как известно, стратиграфия базируется на следующих основных методах: литостратиграфическом, биостратиграфическом, тектоностратиграфическом, климатостратиграфическом, геохронологическом, магнитостратиграфическом и сейсмостратиграфическом. Все стратиграфические методы разработаны и апробированы на фанерозойском материале, но внедряются и применяются в докембрии. Единая методическая основа приводит к выделению литостратиграфических, биостратиграфических, климатостратиграфических и некоторых иных стратон, разработке соответствующих специализированных шкал не только для фанерозоя, но и докембрия. На литостратиграфических принципах в существенной мере основаны многие местные стратиграфические шкалы. При выделении таких таксонов, как пласт, слой, пачка, толща эти принципы являются определяющими и нередко единственными.

На современном этапе изучения в связи с созданием Госгеолкарты-50 литостратиграфические подразделения приобретают существенное значение. Особенно остро встает проблема расчленения свит, выделенных в процессе геологической съемки масштаба

Общие подразделения		Стратиграфические методы					Геологические методы								
Зоно-тема	Эратема	Литостра-тиграфи-ческий	Биостра-тиграфи-ческий	Климато-стратигра-фический	Тектоно-стратигра-фический	Эталон-ный	Историко-геологичес-кие	Структурно-петрологи-ческие							
Фанерозой	Кайнозой														
	Мезозой														
	Палеозой														
Верхний протерозой	Рифей														
	650 ± 20 Верхний														
	Средний														
Верхний протерозой	Нижний														
	1650 ± 50														
Нижний протерозой	2500 ± 50														
Верхний архей	3150 ± 50														
Нижний архей (катархей)															



Роль различных методов в стратиграфии докембрия и фанерозоя; стратиграфические подразделения:

1 — местные, 2 — местные и общие; цифры — изотопный возраст, млн лет

1 : 200 000, ибо именно части свит — основные картируемые элементы при более детальных съемочных работах. Вопросы расчленения свит не столь просты и не всегда могут быть решены с помощью жесткой схемы: свита—подсвита—пачка—слой. Подобная схема приемлема, когда свита делится на ограниченное число крупных частей (не более 5) и в них в свою очередь выделяются подчиненные подразделения. В тех случаях, когда в свите равноценных частей больше (до 8—12), подобную схему трудно реализовать, поскольку подсвиты не имеют географических названий. На практике сложно устроенные свиты нередко подразделяются на слои с географическим названием (см. стратиграфическую схему венда Украины, стратиграфические схемы Прибалтики

и др.). В связи с разнообразным строением и составом выделенных свит схемы их расчленения должны быть более свободными и учитывать различные варианты, которые возникают в практической деятельности. На новом этапе изучения подразделения свит, принятые региональными стратиграфическими совещаниями, необходимо охранять правилом приоритета.

Более высокие таксоны местной иерархии — свиты, серии, комплексы — выделяются с учетом как литостратиграфических, так и тектоностратиграфических данных, в частности угловых несогласий, перерывов, особенностей ритмичности, что позволяет их рассматривать как стратоны комплексного лито- и тектоностратиграфического обоснования [10]. Тектоностратиграфи-

ческим подразделениям принадлежат одни из наиболее резких стратиграфических границ, которые надежно фиксируются на геологических картах (В. А. Зубаков, 1978). На новом этапе геологосъемочных работ следует возродить утраченные приемы детального картирования угловых несогласий, значение которых в докембрии по-разному трактуется в геологической литературе. Все подразделения местной стратиграфической шкалы являются общими как для докембрия, так и для фанерозоя, хотя объем и значение разновозрастных стратонов обычно не идентичны.

Тектоностратиграфический метод — это не только изучение пространственных соотношений разновозрастных стратонов, но и морфологически разнородных структур и образующих их формаций. Анализ размещения линейных и куполовидных ансамблей, исследование некоторых экзогенных и эндогенных формаций позволяют получить информацию о последовательности и возрасте важных геологических событий. Среди формаций особый интерес представляют альпинотипные молассы, которые дают возможность установить орогенические циклы, составляющие принципиальную основу тектонической периодизации докембрия [1].

Биостратиграфические стратоны — различного типа зоны и слои с фауной — выделяются главным образом в фанерозое на основе анализа эволюционных изменений и сукцессий ископаемых организмов. Основные принципы зональной стратиграфии начинают реализовываться и на докембрийском материале. Так, в рифее отмечается несколько межрегиональных строматолитовых комплексов, горизонтов и слоев с видами-индексами [2; И. Н. Крылов, 1975]. Близкие по объему комплексы установлены в результате изучения онколитов и растительных микрофоссилий рифея [11].

Соотношение лито- и биостратиграфических подразделений может быть различным. Необходимо учесть, что они не исключают, а взаимодополняют друг друга. Если первые составляют каркас местных стратиграфических шкал, то вторые существенное значение приобретают среди корреляционных стратиграфических подразделений. Таким образом, биостратиграфия докембрия повышает степень достоверности

региональных стратиграфических схем и позволяет на более надежном материале проводить глобальную корреляцию стратонов.

Климатостратиграфические подразделения с наибольшей полнотой выделяются в кайнозое. К ним относятся раздел, звено, ступень [10]. Продолжительность самого крупного из этих подразделений не превышает 1 млн лет. В докембрийских комплексах подобные стратиграфические подразделения пока установить сложно, поэтому здесь выделяются иные стратоны генетического типа. Так, Н. М. Чумаков [12] в докайнозойских разрезах обособляет гляциокомплексы, которые подразделяются на гляциогоризонты, состоящие из межледниковых и ледниковых подгоризонтов. Этим подразделениям соответствуют гляциоэры, ледниковые периоды и ледниковые эпохи. Объемы и границы гляциоэр и гляциопериодов не адекватны эратемам и системам фанерозоя. Таким образом, использование в докайнозое генетических, в частности климатостратиграфических, критериев ведет к разработке новой модели стандартной стратиграфической шкалы, в которой граница кембрия и докембрия надежно не фиксируется и может быть намечена лишь с помощью экстраполяции.

Геохронологическая шкала базируется на единой методической основе, которая принципиально не меняется на границе кембрия—докембрия. Более того, этот важнейший рубеж требует более надежного обоснования и датирования. Ранг геохронологических подразделений устанавливается на основе соответствия таксонам общей стратиграфической шкалы (акрон, эон, эра и др.).

Одна из особенностей многих изотопных систем докембрия — их нарушение позднейшими региональными процессами. В результате даже специальные геолого-геохронологические исследования позволяют нередко устанавливать не возраст древнейших пород, а время позднейших наложенных изменений, общих для многих разновозрастных комплексов [14]. Для построения геохронологической шкалы докембрия важны те немногие реперные даты, которые надежно фиксируют возраст супракрустальных комплексов в опорных разрезах.

Магнито- и сейсмостратиграфические подразделения обособляются с

учетом различия физических свойств породных ассоциаций и характеризуются самостоятельной иерархической последовательностью, единой для фанерозоя и докембрия.

Особое значение для стратиграфии докембрия имеет эталонный метод, или метод стратиграфического подобия, предусматривающий местную или региональную корреляцию стратона с его эталонным разрезом — стратотипом.

Выделяются стратотипы двух типов: стратонов и границ стратонов. На современном этапе изучения для фанерозоя главное значение приобретают стратотипы границ, для докембрия — стратиграфических подразделений. Подобное различие не имеет принципиального значения, а отражает разную степень изученности разновозрастных разрезов.

Если для фанерозоя стратотипы подразделений такого ранга, как эратемы и эотемы, обычно отсутствуют, то для докембрия они приобретают существенное значение. Достаточно отметить ту большую роль, которую выполняет стратотип рифейской зонатемы [11]. Одной из актуальных проблем дальнейшего изучения стратиграфии докембрия является выделение стратотипов для крупных дорифейских стратонов и в первую очередь для таких, как нижний протерозой и верхний архей.

Особенности стратиграфических исследований докембрия обусловлены двумя обстоятельствами: своеобразием древних биоценозов и прежде всего отсутствием столь обычных для фанерозоя скелетных организмов; специфичностью сохранившихся парагенезисов пород, характеризующихся широким развитием измененных, нередко гранитизированных комплексов, высокой степенью метаморфизма, особенно в нижнем докембрии.

Отсутствие скелетной органики, несомненно, осложняет, но принципиально не меняет характер стратиграфических исследований. Общие принципы биостратиграфических исследований в докембрии не отличаются от фанерозоя, но объекты изучения обнаруживают существенное своеобразие. Среди дофанерозойских объектов установлены отпечатки бесскелетных животных, органостенные, кремнистые и ихнофоссилии, седиментарно-органогенные образования, строматолиты, микрофи-

олиты и многочисленные проблематики, требующие углубленного изучения. Особенности докембрийских биот стимулируют разработку новых методик сбора и обработки древнейшего палеонтологического материала. В отличие от прошедшей длительный путь развития фанерозойской палеонтологии докембрийская делает только первые шаги, которые должны основываться на хорошо разработанных программах. Каждая группа ископаемых организмов имеет свои особенности в эволюционном развитии, без изучения которых нельзя установить их стратиграфический потенциал.

Своеобразие древних парагенезисов, прежде всего широкое, неповторимое по своим масштабам в истории Земли развитие метаморфических пород, затрудняет создание полноценных местных литостратиграфических схем, пригодных для детальных геологосъемочных работ. Реальность стратификации пород, измененных в зеленосланцевой фации, сомнений не вызывает. При более высоких степенях метаморфизма стратиграфические построения усложняются. Обычно с возрастанием степени метаморфизма детальность стратиграфического расчленения древних комплексов уменьшается, а их первичные соотношения становятся все более гипотетичными. Поэтому иногда возникает вопрос: в какой мере кристаллические породы являются объектом стратиграфии? Положительный ответ на него может быть дан только в тех случаях, когда реликты первичной слоистости наблюдаются в метаморфических комплексах и общий принцип суперпозиции может быть реализован в конкретных разрезах [4]. В этих структурных зонах основные постулаты стратиграфии фанерозоя сохраняют свое значение при изучении полиметаморфических комплексов. Процедура выявления реликтовой слоистости усложняет стратификацию метаморфизованных комплексов, но не меняет принципиально методику расчленения немых или палеонтологически слабо охарактеризованных толщ. Большое значение приобретает распознавание кровли и подошвы пластов и в связи с этим детальный текстурный анализ сложных разрезов.

В некоторых древнейших архейских формациях, метаморфизованных в гранулитовой фации, принцип суперпози-

ции сложно реализовать в сколько-нибудь полной форме в связи с утратой первичных парагенезов, перекристаллизацией и гранитизацией исходных отложений. В подобных случаях стратиграфические методы изучения частично или почти полностью теряют свое значение, и расчленение кристаллических образований должно вестись на основе иных методических разработок с широким привлечением структурно-петрологического анализа. Вместе с тем наличие в гнейсогранулитовых комплексах протяженных горизонтов мраморов и мощных кварцитов пачек свидетельствует о том, что грубая литостратиграфия даже подобных образований в ряде мест совершенно реальное дело.

Недоучет геологических условий и игнорирование принципа суперпозиции может серьезно исказить первичные соотношения крупных природных объектов. С другой стороны, ясное понимание специфики докембрия не должно являться непреодолимым барьером на пути внедрения фанерозойских принципов в стратиграфию древнейших отложений.

Несомненное сходство стратиграфических методов фанерозоя и позднего докембрия приводит отдельных исследователей к мысли о необходимости понизить границу раздела и отмечать особенности стратиграфии не всего докембрия, а только его дорифейской части [3]. Эта новая постановка вопроса и слабая изученность стратиграфии дорифея и его палеонтологических объектов, а также уникальное развитие метаморфических комплексов дают для подобных построений некоторые основания.

Необходимо отметить, что первично-осадочные парагенезы с хорошо сохранившимися текстурами описаны среди формаций, возраст которых более 3,1 млрд лет. Типичный пример подобных образований — комплекс Модис Свазиленда (Южная Африка), слабо измененные породы которого содержат разнообразный набор текстур. Несомненно, древнейшие парагенезисы, особенно карбонатные, кремнистые, железорудные, частично вулканогенные, отличаются от эквивалентных им фанерозойских аналогов, но это не ограничивает применение литостратиграфических методик при расчленении дофанерозойских комплексов.*

Различие структурных планов, наличие крупных перерывов, угловых несогласий, резких изменений в степени метаморфизма позволяют широко использовать тектоностратиграфический метод в расчленении дорифейских толщ. Палеонтологические объекты докембрия — кремнеземные и органостенные микрофоссилии, а также строматолиты — известны с архея [6]. Следы древних оледенений установлены в нижнем протерозое и верхнем архее [12]. Все это дает возможность распространять сферу действия лито-, био-, климато- и тектоностратиграфических методов, по крайней мере в ряде регионов, до подошвы верхнего архея, до образований возрастом около 3,1 млрд лет. Подобное обстоятельство открывает перед классической стратиграфией далекие горизонты и позволяет шире внедрять традиционные стратиграфические методы для изучения геологии нижнего докембрия, где до сих пор петрографическая методика преобладает. Единство задач и методов стратиграфии фанерозоя и докембрия выявляет новые возможности применения ряда актуалистических моделей с целью периодизации и ранжирования древнейших образований Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беккер Ю. Р. Молассы докембрия. — Л.: Недра, 1988.
2. Комар В. А. Строматолиты как палеонтологическая основа общей стратиграфической шкалы рифея // Общие вопросы расчленения докембрия СССР. Уфа, 1990. С. 16—17.
3. Кратц К. О. К современной практике докембрийской стратиграфии // Докембрий. XXVI МГК. М., 1980. С. 122—125.
4. Международный стратиграфический справочник/Под ред. Х. Хедберга. — М.: Мир, 1978.
5. Менс К., Пиррус Э. Стратиграфические проблемы в разрезе венда и кембрия северной Прибалтики // Изв. АН ЭССР. Сер. геол. 1978. Т. 36. № 2. С. 49—57.
6. Палеонтологический метод в стратиграфии докембрия/М. А. Семихатов, М. А. Федонкин, А. Ф. Вейс и др. // Общие вопросы расчленения докембрия СССР. Уфа, 1990. С. 35—45.
7. Стратиграфические и геохронологические подразделения/Ред. Л. С. Либрович. — М.: Госгеолтехиздат, 1954.
8. Стратиграфическая классификация и терминология/Ред. А. П. Ротай. — М.: Госгеолтехиздат, 1960.

* В рамках ограниченной по объему статьи нет возможности охарактеризовать эти различия, многие из которых рассмотрены в монографии Л. И. Салопа (1982).

9. *Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура*/Ред. А. И. Жамойда. — Л.: Недра, 1965.
10. *Стратиграфический кодекс СССР*. 2-е изд. Проект/Под ред. А. И. Жамойды. — Л., 1988.
11. *Стратотип рифея*/Ред. Б. М. Келлер.//Тр. ГИН. 1982. Вып. 368.
12. *Чумаков Н. М.* Стратиграфическое значение докембрийских ледниковых подразделений и эпизодов//Общие вопросы расчленения докембрия СССР. Уфа, 1990. С. 45—49.
13. *Шкала геологического времени*/У. Б. Харленд, А. В. Кокс, П. Г. Ллевеллин и др. — М.: Мир. 1985.
14. *Шульдинер В. И.* Еще раз о принципах построения общей геохронологической шкалы докембрия//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1989. № 9. С. 64—74.

Гидрогеология

УДК 556.3

© Е. А. Басков, И. К. Зайцев, С. Н. Суриков, 1992

Зональность и основные генетические типы подземных вод земной коры

Е. А. БАСКОВ, И. К. ЗАЙЦЕВ, С. Н. СУРИКОВ

Первые обобщения зональности подземных вод принадлежат в отечественной литературе С. Н. Никитину (1896, 1900). Он подразделял гидрогеологический разрез на две части: верхнюю, тесно связанную с атмосферными и поверхностными водами, и нижнюю, залегающую под водонепроницаемыми породами и практически не участвующую в водообмене. Им достаточно отчетливо сформулирован ряд важных положений по гидрогеохимической зональности артезианских вод. В частности, он наметил основной закон гидрохимической зональности артезианских бассейнов платформ — повышение минерализации вод с глубиной; показал влияние соленосных отложений на эту зональность.

Важное значение в становлении современных представлений о зональности подземных вод имели исследования Б. Л. Личкова, выполненные в конце 20-х — начале 30-х годов в связи с проработкой вопросов по созданию естественной генетической классификации подземных вод. Развивая идеи В. И. Вернадского (1927 и др.) о существенном различии минералов и горных пород, находящихся в различных термодинамических оболочках (полях, зонах) земной коры, Б. Л. Личков [8, с. 23] справедливо отмечал, что рассматривая «подземные воды как один из таких минералов, только отличающийся более легкой подвижностью, мы, естественно, ту же зависимость должны перенести на подземные воды».

Это весьма важное методологическое положение, из которого следует, что в различных термодинамических оболочках земной коры (в зонах гипергенеза, диагенеза, катагенеза, метаморфизма и др.) формируются специфические, только им свойственные (с учетом особенностей геологического строения тех или иных конкретных районов) ассоциации минералов группы воды — определенные естественные генетические типы подземных вод. Оно может рассматриваться в качестве основного закона (закона Личкова), определяющего зональность подземных вод в земной коре.

Следует также отметить, что Б. Л. Личков (1931, 1933) при разделении подземных вод на естественные генетические типы верхних частей разреза структур в областях суши придавал особое значение базису эрозии, а не наличию водоупорных толщ, как С. Н. Никитин (1896). «Воды выше базиса эрозии и воды ниже последнего, — писал Б. Л. Личков [9, с. 4—5], — различаются степенью и легкостью сообщения с поверхностью земли и наружными земными водами... Близкие к поверхности горизонты воды неизбежно должны отражать на себе все колебания климатического режима, отражать влияние рельефа... эти воды получают в значительной мере газовый состав свой из атмосферы... Воды более глубоких горизонтов характеризуются гораздо меньшей подвижностью, чем близкие к поверхности горизон-

ты... В глубоких бассейнах, если они замкнуты, напорные воды должны быть неподвижными теоретически...»

Таким образом, уже к началу 30-х годов в результате главным образом трудов С. Н. Никитина, В. И. Вернадского и Б. Л. Личкова наметились общие положения зональности подземных вод в артезианских бассейнах. Эти вопросы в дальнейшем развивались (причем во взаимосвязи с гидрогеохимической зональностью) в публикациях Н. И. Толстихина (1936, 1946), Н. К. Игнатовича (1945, 1950), И. К. Зайцева (1945, 1947), Ф. А. Макаренко (1948), К. И. Макова (1944), М. С. Гуревича (1947), В. А. Сулина (1948), Г. М. Сухарева (1948), А. М. Овчинникова (1949), а несколько позднее — в многотомном издании «Гидрогеология СССР» (1966—1978) и др. Особенности гидрогеохимической зональности различных гидрогеологических структур наиболее полно отображены на гидрогеохимических картах СССР (м-б 1 : 7 500 000—1 : 2 500 000), составленных во ВСЕГЕИ под руководством И. К. Зайцева (1955—1975). Крупные гидрогеологические обобщения, в т. ч. по гидрогеохимии СССР, выполнены Г. Н. Каменским, М. М. Толстихиной, Н. И. Толстихиным (1959) в первом учебнике по гидрогеологии СССР. Важные обобщения по закономерностям распространения подземных, в т. ч. минеральных, вод на территории СССР проведены А. Е. Бабинцем (1961), И. К. Зайцевым и Н. И. Толстихиным (1972), В. В. Ивановым (1974), Г. С. Вартаняном (1977), А. М. Овчинниковым (1963), А. В. Щербаковым (1968), Л. А. Яроцким и др. (1976). Следует назвать обобщающие работы по гидрогеологии Азии, Африки, Европы под редакцией Н. А. Марина и Н. И. Толстихина, а также мира [7, 10 и др.].

Полученные новые материалы по гидрогеологии СССР и других регионов мира подтвердили в целом выводы С. Н. Никитина и Б. Л. Личкова о наличии в вертикальном разрезе артезианских бассейнов и других структур двух этажей, объединяющих водоносные горизонты с различными условиями взаимосвязи с земной поверхностью и, следовательно, различной гидрогеодинамикой и гидрогеохимией. Для территории СССР это отражено, в частности, на гидрогеохимической карте террито-

рии СССР м-ба 1 : 10 000 000 [3] и гидрогеохимической карте СССР и прилегающих акваторий м-ба 1 : 16 000 000 [4]. В основу легенды этих карт положен принцип расчленения разреза геологических структур на гидрогеохимические этажи, гидрогеохимические провинции, области и районы (пояса). При этом гидрогеохимические этажи выделены по преобладающим в подземных водах растворенным газам, т. к. последние являются наиболее четким показателем направленности гидрогеохимических и гидрогеодинамических процессов. Гидрогеохимические провинции, области и районы (пояса) выделяются в основном с учетом распространения в них определенных генетических групп подземных вод, различных по газовому и ионно-солевому составу, а также минерализации.

Верхний гидрогеохимический этаж приурочен к верхней части разреза геологических структур, в пределах которой подземные воды питаются за счет атмосферных и (или) поверхностных вод (морей, озер и др.) и участвуют в современном кругообороте воды в природе. В верхнем этаже установлены две провинции: кислородно-азотных (и азотных) вод зоны современного гипергенеза в пределах суши; метаново-азотных вод зоны современного диагенеза (окислительной стадии) в акваториях.

В *первой провинции* в основном развиты подземные воды с газами кислородно-азотного (и азотного) состава воздушного происхождения. Провинция в разрезе различных структур расположена преимущественно выше регионального базиса их дренирования. Мощность ее колеблется обычно от первых десятков до нескольких сотен метров и зависит в естественных условиях в значительной мере от глубины вреза гидрографической сети и проявлений молодого и современного вулканизма. В областях с гумидным климатом состав подземных вод провинции формируется в основном в результате растворения и выщелачивания горных пород (и почв) кислородсодержащими водами атмосферного питания. Здесь наиболее широко распространены пресные воды выщелачивания преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, начиная от весьма пресных (до 0,1 г/кг) кремнисто-гидрокарбонатных в северных сильно увлажненных районах (тундра и лесотундра) до пресных

(до 0,3—0,8 г/кг) гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных в районах умеренного увлажнения. Слабо-минерализованные (до 0,1—0,3 г/кг) воды с повышенным содержанием сульфатов и хлоридов (вплоть до преобладания) формируются часто за счет атмосферных осадков (в т. ч. при большом влиянии техногенного фактора). Сульфатные кальциевые воды с минерализацией до 1—3 г/кг образуются только при наличии в разрезе гипс-ангидритовых отложений и рассеянной сульфидной минерализации, а хлоридные натриевые соленые воды и рассолы с минерализацией обычно от 5—10 до 50—100 г/кг (реже до 200—250 г/кг), сульфатно-хлоридные (и хлоридно-сульфатные) кальциево-натриевые соленые воды с минерализацией от 1—3 до 20—30 г/кг — только среди соленосных отложений.

Состав растворенных газов этих вод кислородно-азотный и азотный (иногда с примесью метана для хлоридных вод) со значением He/Ar от 0,0005 до 0,005—0,01. Коэффициент Cl/Br в хлоридных (и сульфатно-хлоридных) водах обычно более 1000, а коэффициент rNa/rCl близок к единице, что характерно для вод выщелачивания соленосных отложений. Концентрации металлов в хлоридных и сульфатно-хлоридных водах выщелачивания, связанных с соленосными формациями (юг Сибирской платформы), достигают (мг/кг): Zn 0,2, Cu 0,03, Pb 0,004, Hg 0,0008, Mo 0,00002, Ba 0,05, Rb 0,1, Cs 0,001.

Местами в верхнем этаже на участках развития сульфидного оруденения в результате окисления сульфидов кислородно-азотными водами атмосферного питания формируются азотные (углекисло-азотные) кислые (pH 1—5) воды сульфатного состава с минерализацией от 1—10 до 50—200 г/кг и более. Для этих вод «рудничного» типа характерны весьма высокие содержания железа, меди, цинка и других металлов.

В верхнем этаже в областях суши с аридным климатом широко развиты кислородно-азотные и азотные (с He/Ar до 0,005—0,01) воды сульфатного, хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного, магниево-натриевого состава с минерализацией от 1—3 до 10—50 г/кг (реже до 90—100 г/кг и более). В этих водах значения Cl/Br находятся в пределах 600—1500, а rNa/rCl — 0,7—0,9. Они формируются в результате кон-

тинентального засоления в условиях испарительного концентрирования подземных вод, последовательно (с ростом минерализации) изменяющих состав от гидрокарбонатного до хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного. Концентрации металлов в них следующие (мг/кг): Fe 4—10, Mn 0,1—1, Ti 0,1—0,4, Cr 0,1—0,5, Ni 0,05—0,1, Cu 0,05—0,2, Zn 0,05—0,5, Pb 0,005—0,01, Mo 0,01—0,1 [10].

Подземные воды верхнего этажа в пределах суши обладают отчетливой широтной гидрогеохимической зональностью. На территории СССР она выражена в последовательном повышении минерализации подземных вод в направлении от северных к южным широтам, в смене вод выщелачивания водами континентального засоления. В горных областях как аридного, так и гумидного климата подземные воды зоны свободного водообмена имеют не широтную, а высотную (вертикальную) зональность (поясность), что обусловлено главным образом степенью увлажнения и промытости пород на разных высотах. На отметках выше 1500—2000 м (в северных областях ниже) преобладают весьма пресные воды с минерализацией до 0,1—0,2 г/кг, на меньших высотах — с минерализацией до 0,5 г/кг. У подножий гор и в межгорных впадинах горных областей, характеризующихся недостаточным увлажнением и сильным испарением, появляются солоноватые и соленые воды хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные магниево-натриевые.

Местами сравнительно на небольших площадях в подземных водах верхнего этажа в пределах суши наряду с кислородно-азотными (и азотными) газами воздушного происхождения существенное значение приобретают углекислые и сероводородно-углекислые, поступающие по зонам разломов из нижнего этажа в областях молодого и современного вулканизма. При этом в районах с гумидным климатом на участках поступления глубинной углекислоты в хорошо промытых частях разреза формируются обычно гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды (минерализация до 3—5 г/кг), насыщенные углекислотой (4—5 г/кг и более). В областях современного вулканизма в верхнем этаже к действующим вулканам приурочены выходы сильно-кислых (pH 2—3 и менее) сероводо-

родно-углекислых и углекислых сульфатных и реже хлоридных терм сложного катионного состава (H, Al, Fe, Ca, Mg и др.) с минерализацией обычно от 1—2 до 20—30 г/кг. Формирование сульфатных терм связано с растворением в грунтовых и поверхностных водах сольфатарных (в основном CO_2 , H_2S , SO_2) относительно низкотемпературных (до 80—100 °C) газов, а хлоридных (хлоридно-сульфатных) — с растворением фумарольных высокотемпературных (более 100—200 °C) газов, содержащих наряду с CO_2 , H_2S , SO_2 также HCl, HF, CO, H_2 . Для этих терм характерна высокая концентрация (мг/кг) Fe (до 700—1000), Al (до 600), Zп (до 8—10), Cu (до 0,1—0,3), Pb (до 0,3—0,4), As (до 8—10) и др. Кроме того присутствуют Au (до 0,003 мг/кг), Ag (до 0,012 мг/кг), Ge (до 0,02 мг/кг) и др. [1].

Вторая провинция верхнего этажа расположена в субаквальных условиях (ложе океанов, морей, озер) и приурочена к толще осадков, находящихся в основном на окислительной стадии диагенеза. Газовый состав подземных вод здесь преимущественно метаново-азотный и азотно-метановый. По химическому составу они представляют собой в разной степени видоизмененные в результате десульфатизации, разложения органического вещества и других процессов воды бассейнов седиментации. Минерализация и содержание основных ионно-солевых компонентов в них обычно мало изменяются (за исключением пресных водоемов) по сравнению с придонными водами. В морских (и океанических) терригенных и карбонатных осадках воды обычно хлоридного натриевого состава с минерализацией 30—40 г/кг; отличаются от природных вод часто пониженными содержаниями сульфат-иона, магния, повышенными — брома. В этих водах содержание металлов обычно существенно выше по сравнению с океаническими (мг/кг): Cu 0,02—0,3, Zп 0,02—1, Cd 0,005—0,01, Mn 0,02—3, Ni 0,002—0,05, Co 0,004—0,01, Fe 0,004—0,2 [1, 10].

Водообмен в зоне диагенеза субаквальных структур взаимосвязан с процессами газообразования и с восходящей миграцией подземных вод (и газов) из более глубоких частей разреза. Значительно усложняются гидрогеодинамические условия в этой зоне при

внедрении в нее термальных вод и газов в областях современного вулканизма [1, 7].

Нижний гидрогеохимический этаж занимает части разреза геологических структур на суше ниже зоны распространения кислородно-азотных (и азотных) вод современного гипергенеза, а в акваториях — ниже зоны диагенеза (обычно ниже ее окислительной подзоны). По преобладающему распространению подземных вод того или иного газового состава и соответственно различных генетических групп подземных вод нижний этаж по площади подразделяется на шесть гидрогеохимических провинций.

1. Провинция преимущественно метановых, азотно-метановых, метаново-азотных термальных и холодных пластовых подземных вод приурочена в основном к зоне катагенеза в образованиях чехла (в плитных и «промежуточных» комплексах) различных депрессий — осадочных бассейнов (платформ, прогибов, грабенов, глубоководных котловин и др.), расположенных как на суше, так и в акваториях.

В зоне катагенеза осадочных бассейнов (до глубин 5—7 км) наиболее широко распространены метановые и метаново-азотные (местами с сероводородом) воды, в нижних горизонтах также углекисло-метановые соленые и рассольные с минерализацией обычно от 10—15 до 300—350 г/кг. Реже встречаются метановые и метаново-азотные пресные и слабосоленые (до 5 г/кг, иногда более) гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды. Минерализация и химический состав подземных вод в зоне катагенеза осадочных бассейнов зависят от типа осадочных и вулканогенно-осадочных формаций, слагающих эти бассейны, и в значительной мере определяются характером солености вод древних водоемов, в которых отлагались эти формации.

Так, в зоне катагенеза в галогенных галититовых формациях (а также в подстилающих их формациях разного типа) во всех изученных осадочных артезианских бассейнах установлено региональное распространение рассолов с минерализацией более 250—270 г/кг [5, 6]. Межсолевые и подсолевые рассолы в этих бассейнах хлоридного кальциево-натриевого и кальциевого состава с минерализацией до 350—420 г/кг.

Для них характерны высокие концентрации, достигающие значений (мг/кг): Br 3000—6000, K 10 000—15 000, Sr 2000—6000, Fe 500—700, иногда 4000—5000 и более, Mn 100—700, Zn 20—100, реже 150—200, Cu 0,5—1, реже 5—10, Pb 0,1—1, реже 10—20 и более, Rb 10—20, реже 30—50 и более, Cs 0,1—0,5, реже 1—2. Кроме того, обнаружены (мг/кг): Au (до 0,0004), Ag (до 0,1—0,5, реже до 1—2), Hg (до 0,01—0,02), Ge (до 0,01—0,02), Cr (до 1—2), Ni (до 1—10) и др. [1, 10].

Для осадочных бассейнов с широким развитием гипс-ангидритовых (часто красноцветных) формаций в зоне катагенеза характерны в основном хлоридные натриевые и кальциево-натриевые рассолы, минерализация которых составляет 140—200 г/кг, т. е. находится в соответствии с таковой в бассейнах седиментации при садке солей сульфата кальция. В соленых водах и рассолах, приуроченных к красноцветным формациям, концентрации металлов местами (Челекен и др.) составляют (мг/кг): Fe 10—30, Mn 1—10 (реже до 20—50), Cu 5—10 (реже до 20—50), Zn 3—5, Pb 5—40, Cd 1—4, Ni 1—2, Mo 0,1—0,3, As 0,3—0,9, Ba 30—50, Sr 600—900, Au 0,0009 [1, 10].

Осадочные артезианские бассейны, сложенные преимущественно морскими терригенными, терригенно-карбонатными, карбонатными и (или) морскими вулканогенно-осадочными формациями (при отсутствии в разрезе галогенных формаций), характеризуются распространением в зоне катагенеза в основном хлоридных (реже гидрокарбонатно-хлоридных) натриевых вод с минерализацией до 20—40 г/кг и содержаниями брома до 80—100 мг/кг, йода до 30—50 мг/кг. Концентрации металлов в них достигают следующих значений (мг/кг): Fe 100—150, Mn 0,1—0,5, Zn 0,3—0,6, Cu 0,01—0,02, Pb 0,04—0,1, Ge 0,004—0,01, Hg 0,005—0,01, As 0,005—0,01, Ag 0,001—0,006, Mo 0,002—0,003, Rb 0,1—0,2, Cs 0,05—0,1, Sr 50—250, Ba 25—50 [1, 10].

В осадочных бассейнах, в разрезе которых резко преобладают континентальные терригенные гумидные (угленосные лимнические и др.) формации (при отсутствии галогенных) в зоне катагенеза до глубин 3—5 км и более распространены в основном слабосоленые (до 3—5 г/кг), реже пресные (до 1 г/кг) обычно гидрокарбонатные и гид-

рокарбонатно-хлоридные воды. Концентрации металлов в них обычно следующие (мг/кг): Zn до 0,005—0,01, Cu до 0,01—0,03, Pb до 0,001, Mo до 0,003, Mn до 0,01—0,05, Ba до 0,01 и др.

Итак, в зоне катагенеза осадочных артезианских бассейнов многие гидрогеохимические параметры (минерализация, компоненты ионно-солевого состава и др.) и основные особенности зональности определяются главным образом характером распределения в их разрезах различных типов осадочных формаций. Все это доказывает седиментогенное происхождение основной массы подземных вод осадочных бассейнов в зоне катагенеза до глубины 3—6 км (включая воды, выходящие при перестройке структуры глинистых минералов).

С погружением осадочных формаций на глубину 7—10 км и более, где температура достигает 180—200 °С и более, резко увеличивается количество возрожденных вод (в основном за счет дегидратации глинистых минералов), интенсифицируются процессы декарбонатизации, десульфатизации и др. Это проявляется в довольно резком (иногда в 2—3 раза и более) падении минерализации вод. При этом существенно меняется и их химический состав, возрастает роль углекислоты, воды становятся местами гидрокарбонатно-хлоридными при относительно высоком содержании сульфат-иона (до 3—5 г/кг), бора (до 0,1—0,5 г/кг), йода (до 0,06—0,1 г/кг) [1, 6; А. Е. Ходьков, Г. Ю. Валуконис, 1968].

2. Провинция преимущественно азотных трещинно-жильных (трещинных зон выветривания, локально-трещинных и др.) в основном холодных подземных вод развита в пределах суши в складчатых областях, сложенных сильно-метаморфизованными осадочными и вулканогенными, а также метаморфическими и магматическими породами. Воды приурочены обычно к нижним горизонтам зоны выветривания и региональной трещиноватости. В областях сплошной многолетней мерзлоты — это трещинные подмерзлотные воды. Подземные воды провинции главным образом древнеинфильтрационные атмосферного питания, сульфата-гидрокарбонатного состава с минерализацией до 1—3 г/кг. Вместе с тем в пределах древних щитов (Канадский, Балтийский, Алданский и др.) также широко

развиты соленые воды и рассолы хлоридного состава с минерализацией до 200—250 г/кг, с высоким содержанием брома (до 1—1,5 г/кг), стронция (до 1,4—1,6 г/кг). Наиболее полно эти воды изучены в пределах Канадского щита [1]. Здесь пресные воды верхнего этажа с глубиной сменяются слабосолеными (до 5 г/кг) хлоридного и сульфатного состава, которые прослеживаются в основном до глубины 600—650 м. Глубже отмечаются сильносоленые воды и хлоридные рассолы. При этом наиболее концентрированные рассолы (до 200—250 г/кг и более) тяготеют к зонам крупных разломов. Температура последних на глубине 1500 м достигает 22—22,5 °С. Хлоридные рассолы по составу идентичны седиментогенным рассолам чехла осадочных бассейнов. Они мигрировали из существовавшего ранее осадочного чехла при образовании (раскрытии) трещин в породах фундамента.

3. Провинция азотных трещинно-жильных термальных вод занимает довольно широкие площади во многих складчатых системах суши, испытывающих интенсивные новейшие поднятия с образованием крупных зон разломов. В складчатых системах, сложенных преимущественно метаморфическими и магматическими породами, в зонах разломов в результате взаимодействия пород с инфильтрогенными водами атмосферного питания, проникающими на глубину до 3—5 км и более, формируются термальные воды, питающие многочисленные источники, газифицирующие азотом, большей частью сульфатного и гидрокарбонатного натриевого состава с минерализацией обычно до 0,3—1,2 г/кг. В них установлены различные металлы (мг/кг): Zn до 0,02—0,2, Cu до 0,01—0,1, Ge до 0,01—0,03, W до 0,01—0,1, Li до 0,5—3 и др. Весьма показательны для терм высокое (до 0,01—0,02 г/кг) содержание фтора [1, 5].

В складчатых системах с широким развитием слабометаморфизованных осадочных формаций (в т. ч. галогенных) в зонах новейших разломов формируются также часто в результате процессов выщелачивания и растворения пород инфильтрогенными водами атмосферного питания азотные термы хлоридного, сульфатно-хлоридного кальциево-натриевого состава с минерализацией от 3—10 до 15—20 г/кг и более [2].

В районах, прилегающих к морским побережьям, в зонах новейших разломов встречаются выходы азотных хлоридных кальциево-натриевых (реже натриево-кальциевых) терм с минерализацией до 10—30 г/кг. Генезис их связан, вероятно, с миграцией подземных вод морского происхождения из субаквальных структур по зонам крупных разломов в прибрежные районы суши, сложенные в основном кристаллическими породами, и смешением их в зонах разломов с инфильтрогенными водами.

4. Провинция углекислых термальных и холодных трещинно-жильных, пластово-трещинных, реже пластовых вод приурочена к разным типам геологических структур — складчатым системам, срединным массивам, платформам и др., расположенных в основном в областях молодого (неоген-четвертичного) вулканизма. Эти структуры часто расчленены сложной сетью крупных тектонических разломов, по которым поступает глубинная (метаморфогенная) углекислота. Провинция изучена в основном в пределах суши.

В складчатых структурах горных областей, сложенных в разной степени метаморфизованными и обычно сильно-дислоцированными терригенными карбонатными и вулканогенными толщами, развиты термальные, реже холодные, преимущественно гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией от 3—5 до 15—20 г/кг, насыщенные углекислотой (до 3—5 г/кг и более). Концентрации металлов в водах достигают следующих значений (мг/кг): Cu 0,01—0,2, Zn 0,005—0,02, Pb 0,01—0,05, Mn 0,01—0,2, Co 0,01—0,1, Mo 0,02, Fe 5—15, Li 10—52, местами также Sb 8—10, As 10—50 [1].

В складчатых структурах довольно широко распространены также термальные сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные (иногда с примесью хлоридов) углекислые и азотно-углекислые воды с минерализацией 0,5—7 г/кг. Углекислые воды в складчатых структурах горных областей преимущественно инфильтрагенные, реже с примесью метаморфогенных и (или) седиментогенных вод.

В осадочных артезианских и адартезианских бассейнах, сложенных континентальными гумидными формациями, при внедрении в чехол бассейна

глубинной углекислоты образуются углекислые воды гидрокарбонатного натриевого состава с минерализацией до 5—10 г/кг; в бассейнах, сложенных морскими терригенными и карбонатными формациями — углекислые гидрокарбонатно-хлоридные натриевые (реже хлоридно-гидрокарбонатные) воды с минерализацией до 20—30 г/кг; в бассейнах с галогенными формациями — углекислые хлоридные натриевые и кальциево-натриевые рассолы с минерализацией 35—200 г/кг и более. Углекислые воды в осадочных бассейнах в основном седиментогенные, местами с примесью инфильтрагенных вод. Характерная особенность углекислых вод — относительно высокие содержания (мг/кг): Li (до 10—50), Pb и Cs (до 1—3), $B(H_3BO_3)$ (до 1000—1500), As (до 20—30), Fe (до 5—10), Zn (до 0,5—1) [1].

5. Провинция водородно-сероводородно-углекислых и сероводородно-азотно-углекислых термальных трещинно-жильных, пластово-трещинных, реже пластовых вод приурочена к областям современного вулканизма. В пределах складчатых систем и межгорных впадин суши (реже акваторий) в структурах фундамента действующих вулканов, сложенных преимущественно слабометаморфизованными (и неметаморфизованными во впадинах), в разной степени дислоцированными вулканогенно-осадочными и осадочными формациями, широко распространены высокотермальные (до 200—300 °C) воды с растворенными газами водородно-сероводородно-азотно-углекислого состава. В их составе обычно преобладает углекислота, реже азот. Кроме сероводорода и водорода, часто отмечаются примеси метана, аммония.

По ионно-солевому составу воды преимущественно хлоридные натриевые с минерализацией 3—35 г/кг, реже до 100—250 г/кг. Для них характерны частые повышенные содержания (мг/кг): As до 8—10 (реже до 40—60), $B(H_3BO_3)$ до 50—100 (реже до 500—1200), Li до 2—10 (реже до 20—50), Cs до 2—5 (реже до 10—20).

Вместе с тем в них не установлено существенное повышение содержаний большинства металлов (Cu, Zn, Pb, Ge, Ag, Au и др.) по сравнению с хлоридными седиментогенными водами близкой минерализации осадочных бассейнов без проявлений современного вулка-

низма [1, 7]. При этом следует отметить, что и в областях современного вулканизма в нижнем этаже в целом сохраняется довольно четкая взаимосвязь между определенными типами геологических формаций и их гидрогеохимическими особенностями. В частности, высокотермальные (до 200—300 °C) крепкие (с минерализацией 200—250 г/кг и более) хлоридные металлоносные рассолы обнаружены в вулканических областях только в осадочных бассейнах с галогенными формациями (Данакильская впадина, Апеннинский полуостров, Красноморский рифт и др.).

6. Провинция сероводородно-углекислых преимущественно трещинно-жильных подземных вод выделяется в районах современной вулканической деятельности в пределах срединно-океанических хребтов. Подземные термальные воды здесь питаются за счет океанических вод, которые в сводовых частях срединно-океанических хребтов и зонах трансформных разломов проникают по многочисленным открытым трещинам до глубины 4—5 км, насыщают породы и вместе с остывающими магматическими телами образуют устойчивые высокотемпературные (до 350—450 °C) гидротермальные системы. При этом формируются кислые (pH 3—5) гидротермы хлоридного натриевого состава с минерализацией 35—50 г/кг. Гидротермальные газы обогащены углекислотой (до 1700 мг/кг и более) и сероводородом (до 200—400 мг/кг). Температура источников гидротерм на дне океанов (глубина 2300—2600 м) 300—350 °C. По сравнению с океанической водой эти термы обеднены (до 0) магнием и сульфат-ионом. Обычно в них в повышенных концентрациях содержатся различные металлы (мг/кг): Fe до 500—1000, Mn до 30—250, Zn до 3—10 (реже до 50), Cu до 1—2, Li до 5—12, Rb до 2—7 [1, 7]. С деятельностью гидротерм связано образование сульфидных и железомарганцевых руд [1, 7].

Характерная особенность хлоридных высокотемпературных терм, обнаруженных во многих районах океана (Восточно-Тихоокеанское поднятие, Срединно-Атлантический хребет и др.), — их весьма однообразный состав, что подтверждает общность условий их питания (за счет океанических вод) и формирования главным образом в результате взаимодействия с остывавши-

ми магматическими породами основного и ультраосновного состава. Не установлено существенного изменения ионно-солевого состава терм при внедрении их в осадочный чехол, сложенный морскими терригенными осадками (Калифорнийский залив, впадина Гуаймас), хотя здесь наряду с формированием сульфидной минерализации активно протекают процессы нефтегазообразования [7]. В составе терм вероятно присутствие углеводородных газов, прежде всего метана органического происхождения.

Анализ имеющихся данных о распространении жидких свободных подземных вод на территории СССР и других регионов показывает, что наиболее общей чертой региональных гидрогеохимических закономерностей является, как отмечалось еще в работах С. Н. Никитина и Б. Л. Личкова, зональное изменение химических (и физических) свойств подземных вод с глубиной, что говорит также о соответствующих изменениях с глубиной гидрогеохимических процессов. В связи с этим выделены два гидрогеохимических этажа (верхний и нижний), последовательно сменяющие друг друга в вертикальном разрезе структур.

Для верхнего этажа в целом характерно весьма широкое развитие окислительно-восстановительных процессов под воздействием кислородсодержащих вод атмосферного и океанического (морского) питания. В формировании подземных вод данного этажа в пределах суши большую роль играют физико-географические факторы. Гидрогеохимические условия нижнего этажа более разнообразны и тесно взаимосвязаны с процессами литогенеза и тектоно-магматической активизации. В нем выделены шесть провинций, отличающихся условиями формирования подземных вод, характером гидрогеохимической зональности, определенными генетическими типами подземных вод.

Наибольшая изоляция подземных вод верхнего и нижнего этажей характерна для первой (с преимущественным раз-

витием седиментогенных вод в осадочных бассейнах) и второй (с преобладанием инфильтрагенных вод в зоне выветривания складчатых структур) провинций, наиболее широко распространенных. В провинциях с интенсивным внедрением глубинной (метаморфогенной) углекислоты и особенно в провинциях с современной вулканической деятельностью наблюдаются сложные и длительные процессы взаимодействия подземных вод верхнего и нижнего этажей, существенно усложняющие гидрогеохимическую зональность и приводящие к формированию подземных вод смешанного генезиса. С этими процессами обычно сопряжены проявления различной рудной минерализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басков Е. А., Суриков С. Н. Гидротермы Земли. — Л.: Недра, 1989.
2. Гидрогеология Европы/Под ред. Н. А. Маринова, Н. И. Толстихина. — М.: Недра, 1989. Т. 1—2.
3. Гидрогеохимическая карта территории СССР м-ба 1 : 10 000 000 с объяснительной запиской/Под ред. Е. А. Баскова, С. В. Егорова, И. К. Зайцева. — Л.: ВСЕГЕИ, 1981.
4. Гидрогеохимическая карта СССР и прилегающих акваторий м-ба 1 : 16 000 000/Под ред. Е. А. Баскова, И. К. Зайцева. — Л.: Недра, 1989.
5. Зайцев И. К. Гидрогеохимия СССР. — Л.: Недра, 1986.
6. Зайцев И. К., Толстихин Н. И. Закономерности распространения и формирования минеральных подземных вод (промышленных и лечебных). — М.: Недра, 1972.
7. Кононов В. И. Геохимия термальных вод областей современного вулканизма. — М.: Наука, 1983.
8. Личков Б. Л. Материалы к вопросу о классификации подземных вод//Мат-лы по общей прикладной геологии. Л., 1928. № 8. С. 19—34.
9. Личков Б. Л. Основные черты классификации подземных вод//Исследования подземных вод. М., 1933. Вып. 2.
10. Металлоносность подземных вод осадочных и вулканогенных формаций (в связи с прогнозно-металлогеническими исследованиями): Обзор. Сер. Общая и региональная геология; геологическое картирование/Е. А. Басков, С. А. Вересов, С. Н. Суриков, Н. К. Федорова. — М.: ВИЭМС, 1988. Вып. 2.

Основные принципы создания компьютеризированной службы региональной геологии и металлогении

В. В. ГРУЗА, Р. А. ЖУКОВ, Н. В. МЕЖЕЛОВСКИЙ, З. Д. МОСКАЛЕНКО

Интенсивный процесс внедрения математических методов и электронно-вычислительной техники в геологию (процесс математизации и компьютеризации начался в первой половине 60-годов) прошел несколько этапов.

Первый этап (1960-годы) — этап освоения и использования готовых математических методов с целью решения типовых геологических задач. Данный этап характеризуется стремлением подогнать геологические задачи к готовому формальному аппарату, основанному на теоретико-вероятностных моделях; подмене содержательных геологических задач формальными; получению результатов, не интерпретируемых в терминах геологического языка, что явилось следствием игнорирования необходимой методологической проработки сложной новой проблемы.

Второй этап — (1970—80-гг.) — этап широкого использования вычислительных методов с целью решения частных геологических задач, включая прогнозные. Для него характерно широкое использование формальных методов при обработке количественной, преимущественно геофизической и геохимической информации. Технической базой стала совокупность не связанных между собой вычислительных центров, к созданию которых была сведена программа разработки ОАСУ-Геология. Центры владеют множеством программ, часто не увязанных в системы, предназначенные для анализа и обработки данных. Использованы практически все существенные разработки, выполненные в рамках прикладной математики.

Несмотря на широкое использование математических методов и электронно-вычислительной техники, процесс затронул преимущественно частные задачи. Компьютерные технологии, с помощью которых можно было бы решать сложные задачи, особенно на основе геокартографической инфор-

мации, по существу, находятся в зачаточном состоянии. Это касается и многочисленных автоматизированных прогнозирующих систем, решающих в основном разовые локальные задачи.

Третий этап (вторая половина 1980-х годов) проявляется в первую очередь в тенденции широкой информатизации — создании баз и банков геологической информации. Хотя эта тенденция обусловлена объективными предпосылками, тем не менее имеющиеся прецеденты создания баз и банков геологических данных свидетельствуют о том, что в процессе информатизации геологии устойчиво проявляются те же тенденции, что и в процессе ее математизации на предыдущем этапе. Стихийный процесс создания баз и банков данных привел к разнообразию концептуальных моделей и программно-технических средств их воплощения в действующие машинные комплексы, разнообразию информации, хранимой в отдельных банках, сфера пользователей которых крайне ограничена. Единые требования к геологической информации и унифицированные средства ее хранения отсутствуют. Проблема информационной совместимости в существующих условиях не может быть не только решена, но даже удовлетворительно поставлена. И если те или иные базы и банки данных еще могут удовлетворить узкий круг потребителей, то обеспечить широкий обмен информацией в этих условиях практически невозможно.

Оценивая в целом двадцатипятилетний опыт математизации-компьютеризации геологии, нельзя не признать, что ожидаемого перехода отрасли на качественно более высокий уровень достигнуто не было. Если не повторять общих истин о сложности проблемы, то, по мнению авторов, главной причиной этого была неоправданная прагматизация проблемы, требование не-

медленного конкретного результата от любой разработки. Этим в значительной мере и определялись ориентация специалистов на частные задачи и в целом стихийный характер решения проблемы.

Нет сомнений в том, что и стихийный процесс математизации и компьютеризации геологии в итоге приведет к желаемым результатам. Однако этот путь чреват серьезными потерями как средств, так и времени. Гарантировать скорейшее, при минимальных затратах, достижение целевого эффекта компьютеризации, ее назначения возможно лишь на пути научного подхода к проблеме и научного проектирования соответствующего процесса, начиная с методологической проработки проблемы. Первый шаг на данном пути — ограничение объекта компьютеризации, уяснение важнейших его особенностей, а также ранжирование средств осуществления этого процесса.

Авторы считают, что главные и исходные объекты компьютеризации — не частные операции, а геологическая служба страны в целом. Точнее, ввиду многозначности такого понятия подразумевается «становой хребет» геологической службы, т. е. нечетко оформленная служба региональной геологии и металлогении, обозначаемая для краткости термином Геокарта. При этом службой авторы называют любую организационную структуру, целостность которой определяется в первую очередь направленностью либо на производство однотипных конечных продуктов (целевые службы), либо на выполнение обеспечивающих такое производство однотипных функций (функциональные службы). Важнейшей особенностью для проектирования Геокарты как объекта компьютеризации является то, что эта служба представляет специфическое научно-исследовательское информационное производство, конкретно — производство научной регионально-геологической и металлогенической информации.

Важнейшее средство компьютеризации объекта в целом (и условие оправданности применения частных компьютерных технологий) — технологизация названного производства. Под технологизацией понимается представление соответствующего производ-

ства в виде системы унифицированных операций, гарантирующей при оговариваемых условиях получение на выходе заданных конечных продуктов (например, государственных геологических карт).

В самом общем выражении задача региональных исследований состоит в построении моделей геологического строения территории страны и отдельных ее регионов. Детализировать эту задачу можно, рассматривая ее положение в общем комплексе задач геологической отрасли. Последняя традиционно рассматривается как ориентированная в итоге на оценку запасов полезных ископаемых. В настоящее время в пределах отдельных регионов проводятся работы нескольких последовательных стадий, заключающиеся в последовательной детализации площадей и уменьшении размеров исследуемых участков. Аналогичная линейная схема дополняется периодическим возвращением на ранее изученные территории для обновления и дополнения информации. Основная особенность — существование приблизительного соответствия между масштабами исследований и рангом прогнозируемых рудоносных объектов. Результаты каждой стадии служат основой для оценки достоверности прогнозных построений предыдущей стадии, с одной стороны, и основой для выбора направления более детальных работ, с другой.

Линейная схема достаточно точно отражает общую последовательность работ, направленных на создание минерально-сырьевой базы. В подобной ее ориентации заключаются, как не парадоксально, и основные ее недостатки: акцентируя внимание на одной из прикладных задач, хотя и очень важной, она превращает во второстепенную познавательную задачу — изучение геологического строения крупных территорий, в то время как эта задача является одной из главных.

Хорошо известно, что геологические модели крупных территорий (карты геологического содержания) имеют широкий спектр приложений, и их потребитель не только геология, но и строительство, сельское хозяйство, служба охраны природы, образование, туризм и т. д. Иными словами, результаты региональных гео-

логических исследований имеют фундаментальное значение и широкую сферу потребления, являясь одной из составляющих научной информационной основы народного хозяйства в целом. Именно это положение служит отправным при разработке новой концепции региональных геологических исследований (Н. В. Межеловский, Д. С. Авров, А. И. Бурдэ и др., 1990). Необходимо различать конечные продукты геокарты, отвечающие ее фундаментальной и прикладной функциям. Основные продукты фундаментальной функции Государственные геологические карты (ГГК) трех уровней детальности (масштабов 1 : 1 000 000, 1 : 200 000 и 1 : 50 000).

Конечные продукты Геокарты, отвечающие ее прикладной функции, составляют прогнозы минеральных ресурсов регионов, катастрофических природных явлений, инженерно-геологических и гидрогеологических обстановок, геохимических условий, экологических обстановок и т. д. Формы прогнозных построений — карты, часть которых унифицирована, и тексты, в т. ч., содержащие оценки прогнозных ресурсов.

Следует подчеркнуть, что для карт масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000 к государственным относятся изданные карты, удовлетворяющие требованиям соответствующих инструкций по геологическим работам.

Функциональная структура Геокарты (рис. 1) инвариантна в том смысле, что она отражает особенность как службы в целом, так и любых ее территориальных составляющих.

Гарантией жизнеспособности разрабатываемой технологической схемы служат четыре принципа системной организации деятельности: целесообразность — подчинение технологической структуры процесса его конечным целям; специализация — разделение процесса на инвариантные специализированные операции; целостность — обеспечение оперативного взаимодействия специализированных операций путем управления ходом процесса и иерархия — структурирование на основе перечисленных принципов всех выделенных операций, рассматриваемых в качестве процессов.

Перечисленные принципы позволяют принять следующие положения.

1. Все разнообразие конкретных

операций может быть описано в рамках абстрактной операциональной структуры (Р. А. Жуков, Ю. Р. Ткачев, 1973), отражающей взаимосвязь операций сбора (С), смысловой переработки (СП), хранения, поиска (ХП) и выдачи (В) информации, а также управления (У) целесообразным взаимодействием перечисленных операций. Производительные операции С и СП отвечают соответственно аналитической и синтетической стадиям любого процесса в общепринятом смысле. Вспомогательная операция ХП — память системы — равносильна передаче информации во времени. Ее передача в пространстве обозначается на рис. 1 сплошными стрелками, а управляющие воздействия по обратной связи — пунктирными. Операция выдачи В понимается как материализация информации, фиксирование ее на каком-либо носителе в одном или множестве экземпляров.

2. Любому целенаправленному процессу, рассматриваемому как практический, всегда предшествует теоретический — процесс проектирования его результатов. В применении к научному исследованию, т. е. производству научной информации, в т. ч. геологической, это положение констатирует безальтернативность стратегии проверки гипотез. При проведении геологических исследований последние фиксируются в форме легенд, предполевых карт, схем дешифрирования и т. п. (начальный теоретический этап), и служат основой, целенаправленно уточняемой, насыщаемой и проверяемой полевыми и лабораторными данными (эмпирический этап), которая окончательно оформляется в заключительный теоретический этап путем увязки со всей системой знаний, прежде всего геологических.

Кроме того, учтены специфические особенности геологических исследований, проводимых в полевых или стационарных условиях, а также место в этих исследованиях лабораторных работ.

С учетом приведенного определения отдельным функциональным блокам, в т. ч. отвечающим операции управления, могут соответствовать определенные службы (рис. 2; см. рис. 1).

Выделение целевых служб — опера-

тивной геологической картографии (СОГК) и оперативного прогнозирования геофеноменов — месторождений полезных ископаемых, землетрясений, инженерно-геологических условий и т. д. (СОПФ) отвечает естественной дифференциации функций геолого-исследовательского производства на фундаментальные и прикладные. Частной службой, входящей в СОПФ, может быть служба оперативного металлогенического прогнозирования (СОМП). Отмеченные службы являются целевыми в том смысле, что они направлены на производство конечного продукта Геокарты. Все остальные службы — обеспечивающие по отношению к целевым. К ним относятся службы, отвечающие операциям хранения и поиска (базы данных и знаний), выдачи информации, управления и оперативного совершенствования Геокарты, являющиеся функциональными, а также мобильная поисково-съемочная служба (МПСС) и служба лабораторных испытаний (СЛИ), отвечающие специфическим методам получения первичной информации. Могут быть выделены и другие обеспечивающие службы, например, служба научного обеспечения, некоторые особенности которой обсуждаются далее.

Учитывая отмеченное, дальнейшее изложение удобно построить, рассматривая особенности именно целевых производительных служб и специфику их информационного обеспечения. С учетом ограниченности объема статьи особенности полевых и лабораторных служб здесь не рассматриваются.

К основным задачам службы СОГК относятся: технологизированное и частично автоматизированное производство высококачественных ГГК в комплектах, а также перманентная (по мере накопления существенных новых данных) оперативная корректировка карт и оперативная выдача дежурной карты по запросам потребителя.

Первая задача традиционная, вторая — новая и решение ее требует целенаправленных усилий многих коллективов. Входная информация, используемая при получении конечного продукта: аэро- и космогеологические схемы, геофизические данные, первичные геологические и геохимические

данные, производные, в т. ч. геокартографические данные, и обобщенные знания в форме серийных и индивидуальных легенд и т. д. — информация, получаемая из баз и банков данных и знаний.

Процесс получения конечного продукта включает много операций (см. рис. 1) и в целом он не может быть автоматизирован в связи с тем, что переход от входной информации к выходной, запечатлеваемый в картах, творческий и осуществляется путем неоднократного выдвижения и проверки разнообразных гипотез, нередко генетического характера. При этом могут многократно корректироваться не только результаты, отражаемые на картах, но и общие модели, фиксируемые в легендах. Полностью автоматизируется процесс построения карт при условии, если формализована входная информация, зафиксированы классы объектов, отражаемых на картах, т. е. задана легенда, обоснованы алгоритмы преобразования входной информации в выходную и имеется вся необходимая для этого информация, включая критерии диагностики. Перевод такого процесса на компьютерную базу предусматривает автоматизацию лишь некоторых инвариантных операций, komponуемых в различные технологические цепочки. Таковыми операциями, в частности, являются: ввод информации в ЭВМ как первичной, так и геокартографической; обработка данных, включая формальное преобразование признаков, выделение точечных, линейных, площадных или объемных объектов и их диагностика; выдача результатов в графической форме.

Именно автоматизация подобных операций выдвигается обычно в качестве цели разработки многочисленных «автоматизированных рабочих мест» (АРМов геолога). Их создание рассматривается многими исследователями в качестве основного средства повышения эффективности геокартографии. АРМы, как правило, рассчитаны на обработку информации по одному или нескольким листам стандартной разграфки, тем самым они ориентированы на решение частных не взаимосвязанных задач. Не отрицая роли АРМов, как средства малой механизации, следует еще раз подчеркнуть, что использование таких средств

не решает проблемы эффективности ни всей Геокарты, ни отдельных составляющих служб, т. к. не затрагивает большей части операций, от эффективности осуществления которых зависит эффективность процесса в целом. Это операции, призванные создать единое информационное, научное и методическое обеспечение СОГК и других целевых служб Геокарты.

Служба оперативного металлогенического прогнозирования (СОМП) должна осуществлять: технологизированную и частично автоматизированную прогнозно-металлогеническую оценку крупных территорий с конечными продуктами в форме комплексных прогнозных карт, в т. ч. входящих в комплекты ГГК соответствующих масштабов, специализированных прогнозно-металлогенических карт разных масштабов, а также текстов рекомендаций; перманентную корректировку прогнозных построений с выдачей оперативных прогнозов по запросам потребителей.

Первая задача традиционная, вторая — новая. И та, и другая решаются на основе геокартографической информации, получаемой СОГК, а также первичной геологической, геофизической, аэрокосмической информации, сведениях о полезных ископаемых. Ни та, ни другая задача не может быть эффективно решена на базе средств малой автоматизации типа АРМа геолога-прогнозиста, также требую единого информационного, научного и методического обеспечения.

Информационное обеспечение Геокарты осуществляется информационно-поисковыми системами двух типов: фактографическими (информация о предметах заданного класса) и документографическими (информация о свойствах документов, содержащих информацию первого типа, или информация об информации).

В соответствии с их назначением базы и банки обоих типов, обеспечивающие целевые службы Геокарты, естественно разделяются на фундаментальные (многоцелевые) и прикладные (конкретноцелевые).

С учетом особенностей целевых служб Геокарты для их информационного обеспечения необходимо функционирование фактографических баз и банков различных типов: фундаментальных баз и банков первич-

ных (полевых и лабораторных) геологических данных; фундаментальных баз и банков производных, в том числе геокартографических данных; прикладных баз и банков первичной и производной информации, значительная часть которых может быть внешней по отношению к Геокарте; фундаментальных и прикладных баз и банков знаний, содержащих геологические гипотезы, теории, законы, эмпирические закономерности, обобщенные модели геологического строения, в т. ч. в форме легенд.

Необходимое условие создания эффективно выполняющего свои функции информационного обеспечения рассматриваемых служб — унификация информации во всех ячейках территориально распределенных баз и банков;

Основа, обеспечивающая унификацию — единство информационной структуры, информационно-поисковых языков и форматов представления данных и обобщенных знаний для всех этих ячеек. Реализация отмеченных условий не сводится к чисто технической задаче, которая может быть решена усилиями информационных служб. Семантическое обеспечение — информационно-поисковые языки, увязанные с информационной структурой баз данных — строится на понятийной геологической основе, или, говоря иначе, — на научном обеспечении. Создать последнее могут только крупные научные коллективы, такие как ВСЕГЕИ, тем более, что специфика научного обеспечения определяется особенностями принятых технологий решения задач. Так, создание баз и банков геокартографической информации упирается не только на создание машинно-ориентированных унифицированных легенд, но и в разработку информационно-поисковых языков на уровне описания содержания геологических карт. Последняя задача, по существу, не только не решается, но и не поставлена. Такой язык может появиться лишь после разработки методов анализа геокартографической информации. Аналогично, разработка информационно-поисковых языков для баз знаний как фундаментальных, так и прикладных, например, прогнозно-металлогенических, упирается в отработку технологий геологического и металлогенического

прогнозирования. Как следствие, соответствующие информационные службы могут появиться лишь в результате деятельности служб методического и научного обеспечения.

Задачей последней является создание унифицированных легенд, критериев диагностики, относящихся к разным классам легенд, критериев прогнозирования, схем стратиграфической, петрографической и т. п. корреляций, специализированных сводных карт и других обобщенных моделей, в т. ч. глубинного строения крупных территорий. Одной из основных задач должна быть оперативная корректировка перечисленных продуктов и оперативная выдача получаемых результатов службам геокартографии и прогнозирования.

Особо подчеркнем, что функциональная целостность Геокарты, ее целевых и обеспечивающих служб не подразумевает в качестве неперенных условий ни пространственную, ни административную их концентрацию «под одной крышей»; каждая служба может быть пространственно и административно разделенной, как это имеет место по отношению к различным банкам данных. Функциональная целостность Геокарты и ее служб определяется практической работоспособностью соответствующих технологических схем и особенностями службы управления.

Из принципиального представления авторов о возможной административной разнородности служб следует не менее важный тезис о том, что данную функциональную структуру может так или иначе обеспечивать неограниченное множество вариантов административных структур. По этой причине, во-первых, попытки повысить эффективность геологической службы путем реорганизации последних при игнорировании технологических аспектов заведомо обречены на неудачу. Во-вторых, по этой же причине, тем более в условиях глубоких политико-экономических изменений в стране, авторы полагают нецелесообразным предлагать какие-либо законченные варианты организационной структуры Геокарты. Однако, по их мнению, любой из вариантов должен удовлетворять ряду обязательных требований.

Требование государственного —

межотраслевого и вневедомственного — статуса Геокарты определяется широчайшим спектром потребителей (блок 8, см. рис. 1) и неминуемыми технологическими деформациями в случае административного подчинения ее интересам какого-либо одного ведомства. Показатель и гарант государственного статуса Геокарты — минимально необходимое бюджетное ее финансирование. Последнее не только не исключает, но даже предполагает самостоятельную коммерческую деятельность составляющих Геокарту геологических организаций — за пределами технологических обязательств последних.

Требование безусловного соответствия «регионально-геологического пространства» Геокарты экономическому, оборонному, научному и т. д. пространствам страны (вне зависимости от ее политического устройства) не нуждается в комментариях.

Требование соответствия службы управления Геокарты научно-исследовательской специфике ее технологий нуждается в пояснениях, тем более, что теория такого соответствия не разработана.

Важнейшая особенность технологии научно-информационного производства несравнимая с материальным производством — быстрота закономерного совершенствования его предметно-методической базы. Это происходит под влиянием новых знаний, в т. ч. заключенных в информационных продуктах данного научного производства. Причем, чем эффективней последнее, тем существенней новизна знаний на выходе предыдущего его цикла, тем значительней должны быть предметно-методические коррективы технологии в цикле последующем.

Таким образом, функцией управления Геокартой должен быть не только контроль качества продукции в соответствии с устоявшимися требованиями (как это давно и с успехом делают научно-редакционный совет при ВСЕГЕИ и его региональные филиалы), но и оперативное изменение самих этих требований — в соответствии с новыми достижениями геологической науки, что, как известно, происходит стихийно и далеко не оперативно.

Выполнять эти функции может Межотраслевой научно-методический и ко-

ординационный центр по геологической картографии (блок 7, см. рис. 1), являющийся по существу законодательным органом, принимающим решения по направлению, координации геологосъемочных работ, утверждающим требования к промежуточным и конечному продуктам. Базис для осуществления такой деятельности должна подготовить служба оперативного совершенствования Геокарты и планово-экономическая служба (блок 7, см. рис. 1), либо входящие в этот центр, либо административно с ним увязанные. Естественно, что реализовать функции научно-методического управления могут только высококвалифицированные кадры, сосредоточенные в специализированном по региональной геологии НИИ (например, ВСЕГЕИ).

Осуществлять административное управление на основе нормативных актов, вырабатываемых научно-методическим и координационным центром по геологической картографии, т. е. реализовывать функции исполнитель-

ной власти, могут структуры, ответственные за проведение региональных геологических исследований в государственных комитетах или министерствах, посредством задействования региональных геологических производств.

В заключение еще раз подчеркнем, что мы не разделяем точки зрения специалистов, полагающих главным (практически единственным) условием компьютеризации геолого-исследовательских процессов насыщение их программно-техническими средствами. Впечатляющая геологов-администраторов практичность такого подхода, как показывает многолетний опыт, поучительно обманчива. К выбору стратегии компьютеризации и управлению процессом решения этой проблемы давно пора применить те же принципы системной организации, которые будут присущи эффективной службе региональной геологии и металлогении будущего. Если это так, то над изложенными проблемами надо работать уже сегодня.

Рецензии

УДК 55(049.3)

© А. А. Иванова, 1992

Лидер науки*

А. А. ИВАНОВА

Статьи, написанные ведущими учеными страны, коллегами и учениками академика Владимира Ивановича Смирнова, воссоздают образ выдающегося ученого — исследователя рудных месторождений, талантливого учителя, признанного лидера советских и зарубежных геологов-рудников.

Трудно ранжировать эти воспоминания по значению, они все читаются с большим интересом, тем более что мне посчастливилось быть активным участником ряда описанных здесь событий. Мое знакомство с Владимиром Ивановичем состоялось в Ленинграде на IV Всесоюзном металлогеническом совещании. Совещание было посвящено обсуждению коренных теоретических проблем региональной металлогении, где В. И. Смирнов сделал интересный доклад «Особенности металлогении полициклических геосинклиналей». Он поразил меня и тем, что его доклад в отличие от других участников совещания был полностью подготовлен к печати.

Все авторы отмечают острую наблюдательность, глубину научных обобщений, эрудицию,

доброжелательность и человечность, смелость и независимость в поступках, общительность и галантность Владимира Ивановича. Образно выразился В. М. Григорьев о трех дорогах В. И. Смирнова: административной, научной и педагогической. «Путь администратора напоминает дорогу с ухабами, подъемами и спусками; ученого — в гору и по вершинам хребтов, когда чем выше подъем, тем шире горизонты познания; педагога — марафонский бег с факелом знаний в руке».

А. Д. Щеглов и В. И. Казанский рассказали о совместных экскурсиях по рудным месторождениям Австралии и ФРГ, где Владимир Иванович был весьма заинтересованным наблюдателем, внимательно анализировал представленные модели месторождений.

В этом же я могла убедиться и в Приморье при посещении им Вознесенского флюоритового месторождения и Пограничного редкометалльного.

Удивительная организованность Владимира Ивановича как человека и исключительная целеустремленность и мудрость исследователя, талант педагога позволили ему создать фундаментальную информационную среду для геоло-

* В. И. Смирнов — ученый и человек /Отв. ред. А. Д. Щеглов. — М.: Наука, 1991.

гов-рудников и металлогенистов страны и мира, состоящую из основополагающих его трудов: «Геология полезных ископаемых», «Подсчет запасов минерального сырья», «Рудные месторождения СССР», переводные книги издательства «Мир» по рудным месторождениям зарубежных стран, обобщающие статьи в журнале «Рудные месторождения» и томах «Закономерности размещения полезных ископаемых» и, наконец, последняя книга «Плутонизм и непутизм в развитии учения о рудных месторождениях», которую А. Д. Щеглов назвал «своего рода философским завещанием В. И.» Характеристику и значение этих трудов, а также историю их написания читатель сможет найти в рецензируемой книге.

В воспоминаниях сотрудников и выпускников кафедры полезных ископаемых МГУ предстает образ талантливого педагога и умелого организатора научного и учебного процесса, умеющего сочетать исследовательскую работу с заинтересованным воспитанием молодых ученых и пристрастием к конькобежному спорту.

Вокруг В. И. Смирнова была своеобразная «аура», которую я особенно сильно ощущала в кабинете 210 ИГЕМа, где небольшой коллектив во главе с ученым секретарем Совета по рудообразованию Евгенией Матвеевной Кампилиной занимался интенсивной организационной и издательской деятельностью.

А. И. Кривцов справедливо обратил внимание на необходимость глубинного анализа творчества В. И. Смирнова. Даже при неполном осмыслении вклада этого человека в отечественную и мировую науку о полезных ископаемых, педагогику, организацию науки, а также в объединение геологов-рудников и металлогенистов понимаешь, что ушел из жизни крупный и талантливый научный лидер и дирижер сложного и большого оркестра геологов — ученых и производственников. И управлял он этим «оркестром» не силой, а умением, по законам высокого менеджмента, опираясь прежде всего на интерес и индивидуальное отношение к людям, особенно

к тем, кто стремился к знаниям, а также на свой высокий профессионализм и эрудицию. Быть доброжелательным и внимательным не только в узком кругу, но на виду и при высоких регалиях — для этого требовался талант быть человеком. И этим талантом В. И. Смирнов обладал в высшей степени.

Сборник статей о Владимире Ивановиче хорошо иллюстрирован фотографиями разных лет. К сожалению, качество фотографий оставляет желать лучшего. К тексту имеется несколько замечаний. Следовало бы уточнить причину ухода В. И. Смирнова из Министерства геологии: в статье Д. И. Горжевского сказано «отстранен от должности», у В. М. Григорьева, что ушел по собственному желанию. Не могу согласиться с В. И. Старостиним, что «созданная кафедра явилась первой подобного рода структурной единицей не только в МГУ, но и вообще в системе высшего университетского образования СССР», т. к. кафедра полезных ископаемых существовала в Ленинградском университете и ее возглавлял известный ученый Ю. А. Билибин. Неточность вкралась и в восторженную статью В. Е. Попова. Цитируемые стихи были написаны к 75-летию В. И. Смирнова, а висящее на кафедре панно с другими стихами В. Е. Попова было подарено к 70-летию юбилею академика.

В заключение отметим, что сборник статей о Владимире Ивановиче Смирнове, написанный и изданный весьма оперативно, воссоздает в полной мере образ крупного ученого и человека, бывшего долгие годы лидером советских геологов-рудников. Хочется надеяться, что сейчас в переломки догм и раскрепощения душ и интеллекта ведущие ученые и педагоги еще глубже оценят нравственную и гуманистическую направленность деятельности академика В. И. Смирнова и будут активно способствовать росту молодых исследователей, наследуя традиции крупного ученого. К этому призывает нас и книга воспоминаний о В. И. Смирнове.

70-летие Александра Ивановича Жамойды



5 декабря 1991 г. исполнилось 70 лет Александру Ивановичу Жамойде — известному исследователю в области стратиграфии, палеонтологии, региональной геологии и геологической картографии, заслуженному деятелю науки РСФСР, доктору геолого-минералогических наук, профессору, члену-корреспонденту АН СССР.

Участник Великой Отечественной войны, А. И. Жамойда прошел долгий фронтový путь от предгорий Кавказа до Германии. Солдатская медаль «За боевые заслуги», орден Отечественной войны II степени и «Почетный знак Советского комитета ветеранов войны» — достойные свидетельства нелегкого ратного пути юбиляра.

В 1947 г. А. И. Жамойда поступил на геологоразведочный факультет Ленинградского горного института (ЛГИ), который окончил в 1952 г. Еще будучи студентом он начал работать во Всесоюзном научно-исследовательском геологическом институте (ВСЕГЕИ) в составе творческих коллективов под руководством Н. А. Беляевского и С. А. Мушкетова, участвовал в геологической съемке на Востоке страны. По окончании аспирантуры при кафедре палеонтологии ЛГИ защитил кандидатскую диссертацию и в 1957 г. по конкурсу занял должность заведующего лабораторией микрофауны ВСЕГЕИ.

В 1960—1962 гг. А. И. Жамойда, работая за рубежом, принял активное участие в составлении первой геологической карты Северного Вьетнама масштаба 1 : 500 000. После возвра-

чения во ВСЕГЕИ он возглавил отдел стратиграфии и палеонтологии — одно из ведущих подразделений института. В 1969 г. после защиты докторской диссертации назначается заместителем директора института по научной работе. С 1970 г. он — директор ВСЕГЕИ. В этой должности А. И. Жамойда проработал 17 лет, внося существенный вклад в развитие института и укрепление его научных школ. В 1976 г. Александр Иванович утверждается в ученом звании профессора, в 1987 г. избирается членом-корреспондентом АН СССР, в 1988 г. — председателем Межведомственного стратиграфического комитета (МСК) СССР.

С 1971 г. А. И. Жамойда — член Национального Комитета геологии СССР, он неоднократно представлял геологическую службу страны на сессиях Международного геологического конгресса и различных научных форумах в зарубежных странах. Он — вице-президент международной комиссии по геологической карте мира, представитель геологической службы страны в Международной подкомиссии по стратиграфической классификации. На протяжении ряда лет был членом Научного комитета «Стратиграфия» Международной программы геологической корреляции (МПГК), членом Советского комитета по МПГК.

А. И. Жамойда много лет плодотворно работает над проблемами общей стратиграфии. В 1965 г. он создал и возглавил комиссию по стратиграфической классификации, терминологии и номенклатуре, разработал ряд важных теоретических положений стратиграфии: понятие комплексности обоснования стратонив, принципы унификации терминологии и построения стратиграфической номенклатуры, представления о соотношениях стратиграфических и латеральных границ, роли географического критерия и др. Это позволило ему возглавить работы по созданию первого «Стратиграфического кодекса СССР» (1977), регламентирующего правила подготовки стратиграфической информации с учетом обеспечения требований геологической съемки. В настоящее время в печати находится новый, пересмотренный и усовершенствованный Кодекс. Возглавив в 1974 г. комиссию МСК по триасовой системе, А. И. Жамойда организовал разработку общей шкалы триаса для территории СССР, которая официально принята в нашей стране. По линии МСК он подготовил и провел ряд межведомственных стратиграфических совещаний в различных регионах, сыгравших большую роль в повышении качества геологосъемочных работ; на протяжении многих лет курировал соответствующие научно-исследовательские разработки в организациях Мингео СССР.

С 1966 г. А. И. Жамойда — вице-президент Всесоюзного палеонтологического общества, председатель подкомиссии по радиоляриям Научного проблемного совета при Палеонтологическом институте АН СССР. Являясь одним из первых исследователей мезозойских радиолярий, он внес крупный вклад в изучение мезозойских вулканогенно-кремнистых образований Дальнего Востока, Сахалина, Корякского нагорья, триасовых отложений ряда регионов страны.

А. И. Жамойда участвует в создании крупных стратиграфо-палеонтологических и региональных трудов. Он редактировал многотомное издание Стратиграфического словаря СССР, был редактором тома «Стратиграфия» обобщающей монографии «Геологическое строение СССР», заместителем главного редактора Геологической карты СССР масштаба 1:2 500 000 (4-е издание), многотомных трудов «Стратиграфия СССР» и «Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых», членом редколлегий многотомного издания «Практическое руководство по микрофауне СССР», одним из редакторов и ведущих авторов книги «Практическая стратиграфия», входил в состав редколлегий Геологического словаря, геологической карты Евразии и геологической карты СССР масштаба 1:1 000 000 (новая серия), был редактором-консультантом Горной энциклопедии по стратиграфии и региональной геологии; является членом научно-редакционного совета по геологическим картам Мингео СССР.

Многогранную научную деятельность А. И. Жамойда неизменно сочетает с большой организационной работой. С 1970 г. по 1987 г. он был председателем Ученого совета ВСЕГЕИ, председателем Совета руководителей ленинградских геологических организаций, заместителем главного редактора журнала «Советская геология»; в 1975—1980 гг. — депутат Василеостровского совета народных депутатов Ленинграда, с 1980 г. — заместитель председателя Научного Совета по геологии и полезным ископаемым Ленинградского Научного Центра АН СССР. При этом он постоянно ведет работу по подготовке аспирантов; с 1976 г. является председателем специализированного совета ВАК СССР по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при ВСЕГЕИ.

Трудовые заслуги А. И. Жамойды отмечены орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», медалями и орденом Труда 2-й степени Социалистической республики Вьетнам. В 1982 г. ему присвоено звание «Заслуженный деятель науки РСФСР».

Многочисленные научные труды А. И. Жамойды в области стратиграфии, палеонтологии, геологической картографии, региональной геологии, организации стратиграфической службы и истории геологических наук, ряд из которых издан за рубежом, получили широкое признание и выдвинули его в число крупнейших геологов страны.

Талантливый ученый и незаурядный организатор научных исследований, Александр Иванович Жамойда отметил знаменательную дату своей жизни в авангарде отечественной науки. Искренне желаем ему многих лет плодотворной деятельности, новых творческих свершений.

Ф. К. Салманов, Р. А. Сумбатов, Н. Н. Лаверов, Б. С. Соколов, И. С. Грамберг, Д. В. Рундквист, А. Д. Щеглов, Л. И. Красный, А. И. Кривцов, Н. В. Межеловский, А. А. Смыслов, В. К. Путинцев, В. М. Терентьев, Б. А. Борисов, А. Н. Олейников, К. О. Ростовцев

Contents

Shcheglov A. D.

All Union Research Geological Institute's
scientific schools 3

REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS

Krasniy L. I.
Problems of tectonic systematics 13

Solovov V. V.
The structure of lithosphere and mantle
according to structural-angeometric data 27

Abramovich I. I.
Problems of relative subductology 34

METALLOGENY AND MINERALS

Shcheglov A. D., Terentev V. M., Markov K. A.
Problems and prediction-metallogenic
conception 41

Plyushchev E. V.
A large-scale complex prediction-metal-
logenic analysis: a trend of investigation 50

Korenevskiy S. M.
Potassium-bearing formation minerageny 56

Volkova I. B.
Dispersed organic matter in black slate
strata and their metal content 62

GEOLOGICAL SURVEY AND GEOLOGIC MAPPING

Burde A. I., Putintsev V. K., Strelnikov S. I.
Geological surveys in the nineties and the
prospects 67

*Spiridonov M. A., Rybalko A. E.,
Manuilov S. F.*
Geological studies of the bottoms of
inland seas and of large lakes 73

PETROGRAPHY, LITHOLOGY

Mikhailov N. P.
On the petrographic code 83

*Masaitis V. L., Zhdanov V. V., Moska-
leva V. N.*
Is the progress in regional petrological
studies possible? 86

Predtechenskiy N. N.
Procedure of compiling lithological-and-
stratigraphical diagrams for platform
regions 91

STRATIGRAPHY

Oleinikov A. N.
Stratigraphy and geochronology 101

Bekker Yu. P.
Precambrian stratigraphical features —
real and imaginary 106

HYDROGEOLOGY

Baskov E. A., Zaitsev I. K., Surikov S. N.
Zonation and principal groundwater genetic
types in the earths crust 113

METHODOLOGY OF GEOLOGICAL INVESTIGATION

*Gruza V. V., Zhukov R. A., Mezhelev-
skiy N. V., Moskalenko Z. D.*
Basic targets of computerized geological
survey 121

BOOK REVIEWS

Ivanova A. A.
Leader of science 129

The 70-th anniversary of Alexandr Ivanovich
Zhamoida 130

СПРАВОЧНИК-СЛОВАРЬ ПО ТЕКТОНИКЕ И ГЛУБИННОМУ СТРОЕНИЮ

© раскрывает содержание 3600 терминов-определений, охватывающих современные проблемы Земли как космического тела, космогонические и тектонические гипотезы, глубинное строение

© трактует термины на основе историко-геологических, генетических, морфологических и других характеристик, связывающих поверхностную и глубинную тектонику

© полезен широкому кругу специалистов, занимающихся фундаментальными и прикладными проблемами геологии, а также преподавателям высших и средних учебных заведений, студентам старших курсов

Справочник-словарь составлен во ВСЕГЕИ под редакцией чл.-кор. Академии наук Л. И. Красного. Издается в 1993 г. издательством «Недра» (Ленинградское отделение).

Принимаются предварительные заказы: магазин № 17 «Недра» (199178, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 61), магазин № 115 «Дом технической книги» (117334, г. Москва, Ленинский пр., 40)

REFERENCE-DICTIONARY OF TECTONICS AND DEEP STRUCTURE

© Discovered the meanings of 3600 notions-terms corresponding to modern problems of the Earth as a cosmic body, cosmogenetic and tectonic hypothesis, deep structure

© Interpretes terms on the base of historical-geological, genetic, morphological and other characteristics connecting both surface and deep tectonics

© Will be useful for specialists interested in fundamental and applied problems of geology and for lectures of higher and secondary schools and senior students

Reference-dictionary compiled in VSEGEI under the edition of member-correspondent of the Academy of Science L. I. Krasny. Will be published by «Nedra» in 1993 (Leningrad division of publishing house).

For booking address: shop N 17 «Nedra» (199178, St. Petersburg, Sredny pr., 61), shop N 115 «Building of technical book» (117334, Moscow, Leninsky, 40).

**Всесоюзный научно-исследовательский
геологический институт (ВСЕГЕИ)
учредил**

новый научно-технический журнал

«РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ»

Решением мэрии Санкт-Петербурга
произведена регистрация журнала

Создание такого журнала в настоящее время приобретает особое значение в связи с необходимостью рассмотрения актуальных проблем геологии на материале единых крупных геологических структур, размещение которых не подчиняется административным границам.

Учредитель рассчитывает, что журнал заинтересует геологов не только Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона, но и других регионов страны, а также зарубежных специалистов, работающих над проблемами региональной геологии и металлогении и с современных позиций рассматривающих развитие сложного комплекса геологических явлений.

В отличие от существующих периодических изданий журнал в первую очередь будет освещать вопросы региональной геологии и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых, проблемы, связанные с совершенствованием работ по государственному геологическому картированию, итоги геоэкологических исследований.

**Редакция журнала очень рассчиты-
вает на Ваше сотрудничество!**

**ПЕРИОДИЧНОСТЬ
— ЧЕТЫРЕ НОМЕРА В ГОД.
ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ СТОИМОСТЬ
ОДНОГО НОМЕРА 3 РУБ.**

**Адрес редакции:
199026, г. Санкт-Петербург,
Средний пр. 74**