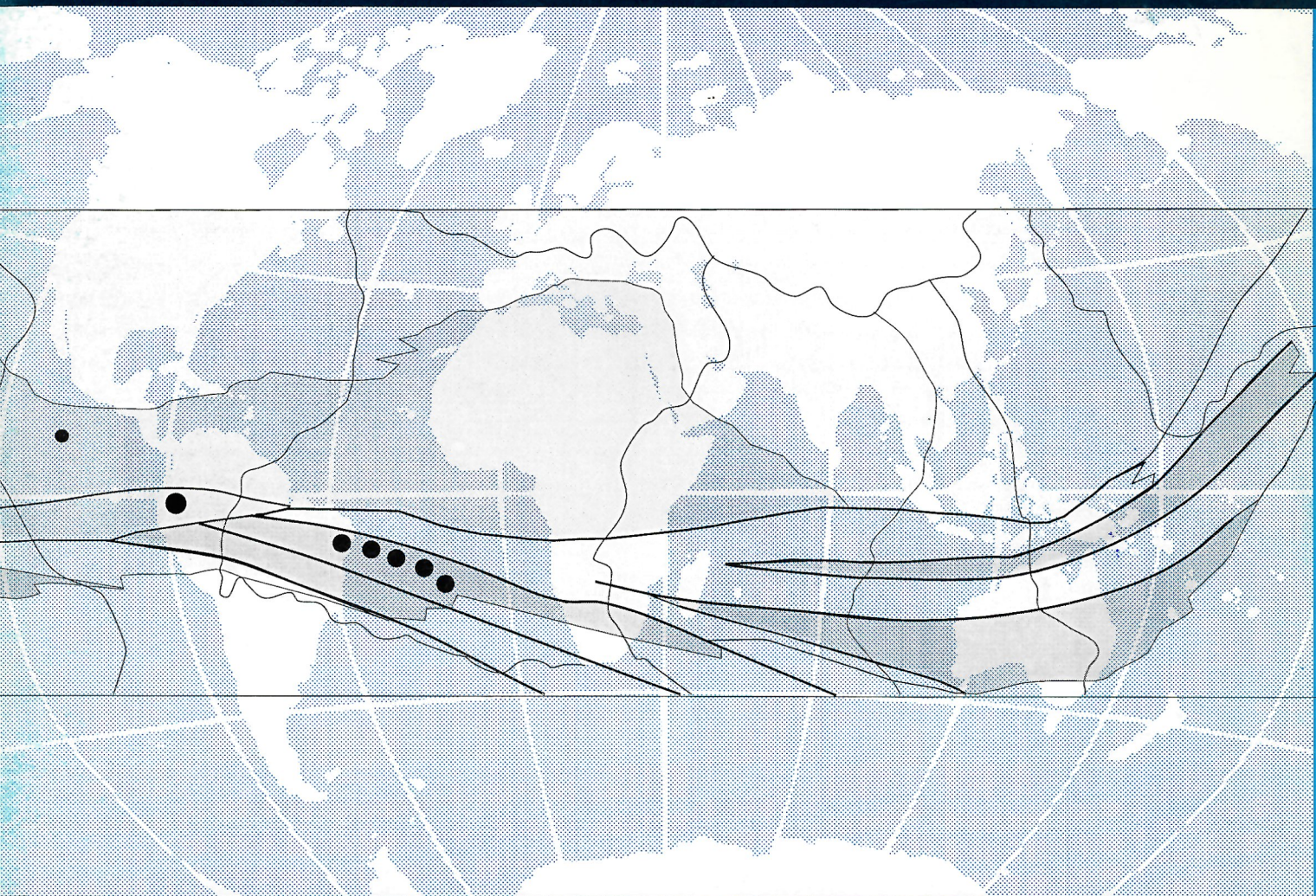


Отечественная ГЕОЛОГИЯ



1/2001

ВСЕРОССИЙСКИЙ СЪЕЗД ГЕОЛОГОВ

НЕФТЬ РОССИИ

МЕТАЛЛОГЕНИЯ СЕТТЕ-ДАБАНА

Вниманию читателей!

Вышла в свет книга

Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Минаков В.М. Национальная минерально-сырьевая безопасность. Введение в проблему / Под ред. А.Е. Наталенко, И.Ф. Мигачева. — М.: ЦНИГРИ, 2000. С. 196. Илл. 56.

Рассмотрена стабильность минерально-сырьевого обеспечения как один из ключевых элементов устойчивости национальной экономической безопасности. Описаны сложившиеся модели сырьевого обеспечения по ведущим группам стран. Определено существо проблемы устойчивости национальной минерально-сырьевой безопасности. Предложена система показателей и критериев оценки устойчивости глобального и национального минерально-сырьевого обеспечения с учетом структуры современных мировых экспортно-импортных потоков и роли в них различных стран. Показаны различия в эффективности использования минерально-сырьевых ресурсов в странах с разными уровнями технологической инфраструктуры на примере стратегических и критических полезных ископаемых. Выявлены и описаны связи между показателями ВВП и его энергетическим и минерально-сырьевым обеспечением. Оценено современное состояние ресурсного, организационного и технико-технологического обеспечения отечественного недропользования и устойчивость этой системы с анализом возможных превентивных мер. Рассмотрено существо системного мониторинга показателей устойчивости минерально-сырьевой безопасности. Показана роль минерально-сырьевых ресурсов для их экономической стабильности на примере отдельных регионов страны.

Рассчитана на широкий круг специалистов в сфере политических основ реформирования экономической базы России, геологов и экономистов широкого профиля управленческих структур, исследовательских и образовательных институтов, а также на деловые круги страны.

Krivtsov A.I., Benevolsky B.I., Minakov V.M. National mineral safety. Introduction to the problem. Editors: A.E.Natalenko and I.F.Migachev. — M.: TsNIGRI, 2000. P. 196. Ill. 56.

Mineral commodity supply stability is considered as one of the key factors of stability of the national economic safety. The established models of mineral commodity supply for leading country groups are described and the problem of stability of the national mineral safety is defined. A system of criteria and indices for evaluation of stability of the global and Russian mineral commodity supply is suggested taking into account the present-day global export-and-import flows from various countries. A difference in the adequate consumption of mineral resources in the countries with different levels of technological infrastructure is shown by the example of strategic and critical mineral commodities. Interrelation between GDP values, energy and mineral supply is established. The present-day state of resource, management and technologic support of mineral land use in Russia and its stability are assessed; some precautions are considered. The monitoring of indices of stable mineral safety is viewed. Some regions are taken as an example to show the contribution of mineral resources to their economic stability.

The book is intended for a wide-range of professionals in the sphere of political reformation of the economy of Russia, geologists and economists from management agencies, research and educational institutions as well as for businessmen.

Контактный телефон: 315-43-47

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



Журнал выходит один раз в два месяца

Основан в марте 1933 года

1/2001

Учредители:

Министерство природных
ресурсов РФ

Российское геологическое общество
Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **А. И. Кривцов**

Бюро: *И.Ф.Глумов, Р.В.Добровольская* (зам. главного редактора), *В.А.Ерхов, В.И.Казанский, А.А.Кременецкий, Г.А.Машковцев, Н.В.Милетенко, Л.В.Оганесян* (зам. главного редактора), *М.В.Рогачева* (отв. секретарь), *А.Ю.Розанов, Г.В.Ручкин* (зам. главного редактора), *Б.А.Соколов, В.И.Старостин, А.А.Шпак*

Редсовет: *А.Н.Барышев, Э.К.Буренков, В.С.Быкадоров, Г.С.Вартанян* (председатель редсовета), *В.И.Ваганов, Н.Н.Ведерников, И.С.Грамберг, А.И.Жамойда, А.Н.Золотов, А.Б.Каждан, М.М.Константинов, Т.Н.Корень, Л.И.Красный, Н.К.Курбанов, Н.В.Межеловский, И.Ф.Мигачев, В.М.Питерский, В.Ф.Рогов, Е.И.Семенов, В.В.Семенович, В.С.Сурков, В.А.Ярмолюк*

МОСКВА

Всероссийский съезд геологов	3	<i>Чепуров А.А., Федоров И.И., Чепуров А.И.</i> Экспериментальное изучение кристаллизации алмаза в металл-силикатно-углеродных системах	56
<i>Наталенко А.Е.</i> Перспективы геологической службы и развитие минерально-сырьевой базы России	6	ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ	
<i>Гарипов В.З.</i> Нефть России — будущее	7	<i>Блюман Б.А.</i> Кора континентов и океанов: анализ геолого-геофизических и изотопно-геохимических данных	61
<i>Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Мигачев И.Ф.</i> Проблемы национальной минерально-сырьевой безопасности	11	КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
ИДЕИ И ПРОЕКТЫ ВЕКА		<i>Воробьева С.В.</i> Природные концентрации золота и редких металлов в Миасском рудном узле на Среднем Урале	68
<i>Зайченко В.Ю.</i> Тюменская сверхглубокая скважина — геологическая лаборатория нового типа	14	ДИСКУССИИ	
<i>Кучин Е.С.</i> Об основных вопросах эндогенного рудообразования	20	<i>Дубов В.А.</i> Тектоническая природа магнитных аномалий	71
МЕТАЛЛОГЕНИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ		<i>Радюкевич Н.М.</i> К вопросу о скорости и геологических следствиях расширения Земли в мезозое и кайнозое	74
<i>Сурков В.С., Черкасов Г.Н., Краевский Б.Г.</i> К проблеме минерагенических исследований мегакомплексов складчатых областей	31	<i>Барышев А.Н.</i> О гипотезе расширяющейся Земли	76
<i>Сагир А.В., Дорофеева Р.Н., Круковский П.Ю., Филатова Ю.Б.</i> Структура, магматизм и металлогения Белореченской зоны Сетте-Дабанского палеорифта	34	РЕЦЕНЗИЯ	
<i>Тарханов А.В.</i> Возможности использования принципа аналогии при прогнозировании месторождений урана на примере Центрально-Украинской урановорудной провинции	43	<i>Трофимов В.Т.</i> Первый учебник по финансово-экономической оценке минеральных месторождений для студентов и специалистов-геологов	76
СТРАТИГРАФИЯ, РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА		ХРОНИКА	
<i>Синцов А.В.</i> Гранитоидные структуры Мамской кристаллической полосы	49	<i>Аксиров М.М.</i> Аннотация книги	78
ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ		85-летие Алексея Борисовича Каждана	
<i>Богатиков О.А., Курчавов А.М., Шарков Е.В.</i> Межведомственный петрографический комитет России — настоящее и будущее	54	70-летие Бориса Александровича Соколова	
		79	
		80	

Уважаемые читатели!

Редакция журнала приносит свои извинения за досадную опечатку в № 6 за 2000 г., где на с. 9, абзац 4, строка 1

Напечатано	Следует читать
По срокам истечения половины запасов 1995 г. несомненно лидерство Au (2000 г.) ...	По срокам истечения половины запасов несомненно лидерство Au (2006 г.) ...

Редакция: Р.В.Добровольская, М.В.Рогачева
Верстка и оригинал-макет Н.П.Кудряцева

Сдано в набор 01.10.2000. Подписано в печать 05.02.2001. Формат 60 х 88/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Заказ 1907. Тираж 750 экз.

Адрес редакции: 113545, Москва, Варшавское шоссе, 129«Б».
Телефон: 315-28-47

Отпечатано с готовых диапозитивов в ГУП Экспериментальная типография.
103051, Москва, Цветной бульвар, 30

Всероссийский съезд геологов

В Санкт-Петербурге 3—4 октября 2000 г. состоялся Всероссийский съезд геологов, посвященный 300-летию основания горно-геологической службы России. Съезд сопровождался Международной выставкой «Геологоразведка-2000», Международными геологической и геофизической конференциями.

На пленарном заседании 4 октября 2000 г. съезд единогласно принял резолюцию и решение о созыве Всероссийских съездов геологов.

Указами Петра I в 1700 г. в России был учрежден Приказ рудокопных дел. Этими Указами рудосыскное и рудокопное дело в России было отнесено к важнейшим государственным приоритетам.

300-летие горно-геологической службы России, связанное с именем Петра I и его деятельностью по укреплению Государства Российского, имеет особое значение. За 300 лет горно-геологической службой страны были открыты, разведаны и введены в эксплуатацию сотни уникальных месторождений полезных ископаемых, что позволило России занять лидирующее место в мире по запасам минерального сырья.

В исполнение Указа Президента Российской Федерации от 01.09.1997 г. № 961 «О 300-летию учреждения в России Приказа рудокопных дел» и Распоряжения Правительства Российской Федерации от 02.02.1998 г. № 152-р о создании организационного комитета по подготовке и проведению празднования 300-летия учреждения в России Приказа рудокопных дел Министерство природных ресурсов РФ в содружестве с Министерством энергетики РФ, Министерством экономического развития и торговли РФ, Российской академией наук, Академией горных наук, Российским геологическим обществом, Евро-Азиатским геофизическим обществом и НП «Горнопромышленники России» 2—7 октября 2000 г. провели в Санкт-Петербурге Всероссийский съезд геологов, научно-практическую конференцию «Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века», Международную геофизическую конференцию и Международную выставку «Геологоразведка-2000».

В работе съезда, конференций и выставки приняли участие 3000 человек, представлявших 737 организаций и предприятий из 186 городов 76 субъектов Российской Федерации. В числе участников съезда — ученые РАН и общественных академий, специалисты горно-геологических предприятий, руководители территориальных и региональных органов МПР России, профессора и преподаватели горно-геологических вузов, предприниматели и студенты.

В работе съезда, выставки и конференций участвовали представители 43 стран ближнего и дальнего зарубежья, в т.ч. США, Канады, Германии, Великобритании, Франции, Испании, Швеции, Финляндии, Норвегии, Японии, Австралии, большинства стран СНГ, а также стран Балтии. Экспоненты выставки «Геологоразведка-2000» — отечественные и зарубежные предприятия, организации и компании, ведущие научно-исследовательские институты, вузы, субъекты Федерации.

На геологическую конференцию поступили около 1000 заявок от докладчиков, на геофизическую — более 700. Ключевые доклады, представленные на геологическую конференцию, были заслушаны на пленарном заседании съезда.

Всероссийский съезд геологов — пятый в истории геологической службы России — по масштабам, числу участников и стран-участниц, географии, обширности проблематики, несомненно, стал не только профессиональным, но и общенациональным событием.

В данном номере журнала публикуются резолюция съезда, а также некоторые доклады, имеющие, с точки зрения редколлегии журнала, наиболее существенное значение для выбора путей развития геологической службы страны и ее минерально-сырьевой безопасности.

Резолюция Всероссийского съезда геологов

Начало государственной горно-геологической службы России было положено именным Указом Петра I от 24 августа 1700 г. (6 сентября по новому стилю) «Об учреждении Приказа рудокопных дел». Рудосыскное и рудокопное дело было возведено тем самым в ранг важнейших государственных приоритетов.

Геологические исследования и геологоразведочные работы на протяжении 300-летней истории создавали условия и предпосылки для решения крупнейших геополитических и экономических задач России и останутся таковыми в обозримом будущем.

Результатом 300-летней деятельности горно-геологической службы России стала уникальная Российская геологическая школа и крупнейшая в мире минерально-сырьевая база. Усилиями рудознатцев и рудокопов, геологов и горняков создавались возможности для освоения бескрайних российских просторов.

Подвижнический, самоотверженный труд геологов и горняков способствовал ускоренной индустриализации страны, удовлетворению потребности оборонной промышленности в годы второй мировой войны, созданию минерально-сырьевой базы, полностью обеспечивающей текущие и перспективные внутренние и экспортные потребности государства, его сырьевую независимость.

Созданная минерально-сырьевая база во многом определяет современный геополитический и экономический облик России и стран СНГ. Значителен вклад российской горно-геологической службы в мировую сокровищницу фундаментальных знаний о Земле.

Проходящие в России общественно-политические и экономические реформы, глобализация сырьевых и экологических проблем в мире требуют определения точных векторов дальнейшего развития геологической школы России, государственной геологической службы, условий ее эффективного функционирования и взаимодействия с развивающимися геологическими службами горных, нефте- и газодобывающих компаний.

Цель проходящего съезда геологов, международных геологической и геофизической конференций, международной выставки «Геологоразведка-2000», собравших представителей 44 зарубежных государств (большинства стран СНГ, Балтии, США, Канады, Германии, Великобритании, Франции, Финляндии, Норвегии, Австралии, Японии, Швеции), 76 субъектов Российской Федерации, более 700 горных и газодобывающих компаний, академической, отраслевой и вузовской науки, геологов-практиков, — найти ответы на вызовы, выдвинутые временем.

В работе съезда приняли участие более 3000 человек. Во время работы были представлены и обсуждены 1500 докладов.

Всероссийский съезд геологов констатирует:

геологическая изученность России на рубеже XXI в. соответствует уровню изученности развитых стран, обладающих большей территорией и крупным минерально-сырьевым потенциалом (США, Канада, Австралия);

созданная минерально-сырьевая база и ресурсный потенциал государственного фонда России способны обеспечить текущие и перспективные внутренние и экспортные потребности страны, условия для экономической стабилизации и последующего роста и развития национальной экономики;

геологическая служба России способна ответить вызовам современного мира в сфере глобализации сырьевых ресурсов планеты, обеспечить соответствующее обоснование геополитических приоритетов государства.

Наряду с этим:

увеличивается разрыв между качественными показателями разведанных запасов различных видов полезных ископаемых и технико-технологическими возможностями их эффективного освоения; нуждается в восстановлении и качественном улучшении минерально-сырьевая база ряда стратегических и дефицитных видов полезных ископаемых;

добыча ряда важнейших полезных ископаемых, в т.ч. нефти и газа не компенсируется приростом запасов, чем создаются предпосылки для возникновения кризисных ситуаций в энергообеспечении экономики страны;

темпы старения государственных карт геологического содержания опережают темпы их обновления;

имеет место недооценка роли горно-геологической службы в обеспечении социально-экономического развития страны, возможностях обоснования и закрепления геополитических интересов и экономической безопасности России;

вызывают беспокойство частые реорганизации геологической службы России, проходящие в последнее десятилетие;

остается тревожной ситуация со сменой поколений в государственной геологической службе, продолжается падение престижа профессии геолога.

Всероссийский съезд геологов в качестве приоритетных проблем, решение которых обеспечивает укрепление национальной минерально-сырьевой безопасности и суверенитета страны, определил следующее:

обеспечение геополитических приоритетов России на основе выявления и использования минерально-сырьевых ресурсов, в т.ч. и на континентальном шельфе;

создание научно обоснованной модели использования и развития минерально-сырьевой базы страны на основе оптимизированного потребления минерального сырья с учетом общемировых тенденций и процессов глобализации минерально-сырьевых баз;

оценка потенциала выявленных и открытых рудоносных и нефтегазоносных районов, концентрация в этих направлениях основных финансовых и интеллектуальных ресурсов;

коренное улучшение оснащенности геологоразведочных и научно-исследовательских работ;

создание благоприятных социально-экономических условий и общественного мнения для повышения престижа специалистов горно-геологической службы, обеспечение планомерной смены кадрового состава на геологоразведочном производстве и в научной сфере;

создание условий для активизации и координации деятельности общественных организаций горно-геологического профиля, усиления их роли при решении научно-практических и организационных задач, осуществления связи с общественностью и СМИ.

Всероссийский съезд геологов обращает внимание Правительства Российской Федерации, Федерального Собрания Российской Федерации на необходимость сохранения в полном объеме Федерального налога на воспроизводство минерально-сырьевой базы как единственного реального источника финансового обеспечения вышеперечисленных проблем.

Решение о созыве очередных Всероссийских съездов геологов

Отмечая высокую эффективность комплекса мероприятий, реализованных в период проведения Всероссийского съезда геологов, участники съезда считают необходимым:

созывать Всероссийские съезды геологов регулярно через каждые 4—5 лет;

поручить Российскому геологическому обществу определение конкретных сроков и места проведения очередного Всероссийского съезда геологов, формирование оргкомитета и решение организационных вопросов по созыву съезда.

Перспективы геологической службы и развитие минерально-сырьевой базы России

А.Е.НАТАЛЕНКО (МПР РФ)

Уважаемые коллеги! От лица Государственной геологической службы России я бы хотел еще раз поздравить вас со знаменательной юбилейной датой — 300-летием официального учреждения важнейшего государственного органа по выявлению и использованию богатств недр нашей страны.

Минерально-сырьевой комплекс России, начало создания которого определено знаменитым именным Указом Петра I, служит надежной основой эффективного развития базовых отраслей экономики страны и ее экспортного потенциала. Место и роль России в минерально-сырьевом комплексе мира общеизвестны, и это еще один повод выразить глубокую благодарность многим поколениям геологов, присутствующим в зале ученым, организаторам геологоразведочного производства, специалистам и ветеранам за бескорыстный и высокоэффективный труд. На создателей уникальной по масштабам минерально-сырьевой базы не просыпался «золотой дождь». Законодатели в долгу перед нашей профессией в части защиты авторских прав. Однако верные своей профессии люди более обеспокоены не этим, а судьбой геологической службы. Безусловно, нас охватывает гордость, когда мы говорим, что доля России в мировых запасах нефти составляет 12—13%, газа 32—35%, железа 26%, цветных металлов 10—15%, калийных солей 31%. По разведанным запасам никеля, золота, серебра, платиноидов, алмазов Россия занимает 1—3 места. А какая сырьевая, горнодобывающая и перерабатывающая база создана в наших бывших братских республиках?! Это действительно заслуженная гордость, а не гордыня!

Говоря в проекте резолюции съезда о готовности геологической службы России противостоять вызовам современности в минеральном секторе, мы имеем в виду не только наше нынешнее состояние, но и огромный потенциал вековых традиций.

За 300-летний период система управления геологией пережила 45 реорганизаций; 23 раза мы организационно напрямую выходили на правительство, 13 раз нас вводили в состав различных министерств и ведомств, были в нашей истории и периоды полной ликвидации. В 1711 г. рудосыскное и горное дело было передано в полное ведение губернаторам. Четыре года спустя управление горно-геологической службой вновь централизуется, а с 1722 г. она начинает создавать первые территориальные органы. В 1775 г. (в период правления Екатерины II) все задачи Бергколлегии вновь отошли к губернским органам управления, а в 1784 г. коллегия была полностью ликвидирована. Длится эта смута около 20 лет.

Император Павел I восстановил Бергколлегию, но полностью ликвидировал прообраз территориальных органов в губерниях (так называемые экспедиции).

Геологическая служба, выделившись в 1882 г. в Геологический комитет, тем не менее, входила в состав Горного департамента. В 1918 г. геологическая служба стала самостоятельной, в 1921—1923 гг. она вновь была объединена с горной службой. В 1953 г. геологическая служба была упразднена и переподчинена добывающим отраслям и ведомствам. Через полгода геологическую службу упразднили, и до 1996 г. управление осуществлялось самостоятельным органом. С 1996 г. в рамках единого территориального органа управления стали концентрироваться прородно-ресурсные направления — недр, вода, лес и экология. Сегодня в соответствии с Постановлением правительства РФ в структуре МПР России создана государственная геологическая служба.

Я напомнил вам некоторые даты и ход истории только для того, чтобы еще раз совместными усилиями оценить нынешнее состояние и будущее российской геологии.

История последнего десятилетия развивалась на наших глазах. На плечи руководителей отрасли в этот период легла огромная ответственность. Достигшая к 1985 г. пика расцвета, геологическая служба насчитывала около 600 тыс. человек, десятки научных организаций с системой развитых опытно-методических подразделений.

По объемам финансирования отрасль вышла на абсолютный максимум за всю историю страны. Получаемые приросты запасов обеспечивали компенсацию добычи в 1,5—2 раза. Производственный потенциал обладал колоссальными возможностями и значительными ресурсами. Все это было, но была и отчаянная работа малочисленной группы, возглавляемой Д.Л.Федоровым, В.П.Орловым, Б.А.Яцкевичем, за создание управления геологической службой России. В соответствии с решением I-го съезда народных депутатов РСФСР 14 июля 1990 г. был создан Государственный комитет по геологии и использованию топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов. Затем последовала череда маловразумительных реорганизаций, решение тяжелой задачи создания механизма финансирования геологоразведочного производства, формирование системы территориальных органов, налаживание механизма реализации конституционного принципа совместного управления, поиски механизма эффективного распределения средств в условиях временных схем финансирования, формирование правового поля в сфере управления государственным фондом недр, реализация принципов равнодоступности к недрам, платности, конкурсности и многое другое.

В краткой форме я попытался изложить исторический ход развития. Все события далеко не случайны. Дальнейшее существование геологической службы без знания и учета событий в выборе траектории развития службы просто невозможно. Можно было сегодня много хорошего сказать о блестящем прошлом, тяжелом настоящем и смутном будущем. Можно говорить о том, как было хорошо и как было плохо, а будет еще хуже. С 1944 г. не компенсируются приростом объемы добычи нефти и газа. Накопленное отставание достигло более 700 млн.т по нефти и 2 трлн.м³ по газу. Идет процесс сокращения абсолютных объемов запасов, числящихся на государственном балансе, во многом исчерпан поисковый задел. Налоговое законодательство меняет сложившийся механизм финансирования. Все это так, и к этому можно добавить еще многое другое. Нуждаются в обновлении основные фонды, требуют дальнейшего развития аналитические и технологические возможности изучения вещества. Отрасли нужны свежие научные идеи. Потребность в выживании за последние 10 лет нанесла серьезный урон всем звеньям технологической цепи в системе научного прогноза — выявления объекта и его оценки. Представляется необходимым по ряду причин, и, прежде всего, геологических и финансовых определиться с государственными геологическими приоритетами, обеспечить концентрацию финансовых ресурсов на этих приоритетах.

Геологические службы добывающих компаний в случае отмены федерального налога на ВМСБ перейдут в новую фазу развития, разделение их с государственной геологической службой как в части решаемых задач, так и по источникам финансирования также должно войти в

новую фазу. Думаю, что это коснется и сервисных геолого-геофизических предприятий. С ликвидацией фонда ВСМБ уйдет и понятие целевых денег, хотя таковыми они были только для нас и проверяющих органов. До 50% целевых средств использовались федеральным и территориальными бюджетами не по целевому назначению. Совершенно очевидно, что нам необходимо выстраивать чрезвычайно аргументированную систему доказательств для получения соответствующих ресурсов из бюджета и ежегодное подтверждение эффективного их использования. Обратите внимание на текущий год. Устойчивое финансирование в прошлом году, значительный рост в 2000 г. (2,5 раза), рост фактических объемов на 35% и геологическую эффективность оценки по итогам года. Однако не думаю, что произойдет качественный скачок в результатах. И нельзя все объяснить только инерционностью процесса, новой волной запоздания. Очевидно, проблема в отсутствии резервных мощностей, профессиональных кадров, накопившемся опыте безобъемного и безрезультативного использования ресурсов. В первой части нам необходимо, начиная с IV квартала 2000 г., решать проблему, причем на долгосрочной основе, через систему лизинга, и это уже де-

лается. А вот со второй дело обстоит и сложнее, и проще. Выход в кардинальном изменении системы составления текущих и перспективных планов изучения и использования недр. Сложнее потому, что временной шаг на выявление, оценку и освоение объекта составляет 10–12 лет, а среднесрочный прогноз по развитию страны 2–3 года. Не зная уровней потребностей минерального сырья, сложно формировать стратегию развития. Просто потому, что другие направления будут безжалостно отсечены.

Несомненно, будут происходить изменения в организационной структуре, уточняющие принцип совместного ведения, оптимизирующие систему управления и его качество.

Дорогие коллеги! Проходящие юбилейные мероприятия и наш съезд — это не только наш общий праздник, но и повод для серьезного коллективного разговора. Пусть рекомендации съезда не являются формальным документом. Ценность его не только в фиксации состоявшегося — это, скорее, историческая составляющая.

Представляется, что наш съезд, объединивший лучшие интеллектуальные и профессиональные силы России, поможет выбрать правильный вектор движения геологической службы России в XXI век.

УДК 553.982:622.323

© В.З.Гарипов, 2001

Нефть России — будущее

В.З.ГАРИПОВ (Министерство топлива и энергетики РФ)

Что, где, когда будем добывать? По разведанным запасам нефти Россия входит в число ведущих нефтедобывающих стран. В ее недрах сосредоточено более 10% мировых запасов нефти. По состоянию на 01.01.1999 г. на государственный учет приняты запасы нефти категорий А+В+С₁ по 2223 нефтяным, нефтегазовым и нефтегазо-конденсатным месторождениям, расположенным в 37 субъектах РФ. Большая часть запасов сосредоточена в недрах Западной Сибири, Урало-Поволжья и на европейском Севере и сконцентрирована в 11 крупнейших и 140 крупных месторождениях.

Максимальный уровень добычи нефти в стране был достигнут в 1988 г. Впоследствии произошло его снижение, носившее поначалу обвальный характер. К 1996 г. добыча стабилизировалась на уровне чуть более 300 млн.т/год, а в 2000 г. вследствие благоприятной ценовой конъюнктуры может составить 320 млн.т.

Время открытия гигантских месторождений, за счет которых обеспечивались приросты запасов, а издержки разведки и добычи снижались, прошло. Сегодня эффективность геологоразведочных работ (ГРР) невысока, открываются в основном мелкие и средние месторождения (запасы каждого из открытых в последние годы месторождений в среднем составляют 1,5 млн.т). Доля трудно извлекаемых запасов достигла 55–60% и продолжает увеличиваться и, по прогнозам, к 2010 г. может достичь 70%. При этом резко сократились объемы геологоразведочных работ (за 90-е годы в 3,5 раза) и масштабы их финансирования, почти повсеместно продолжается сокращение фронта поисковых работ. В результате приросты разведанных запасов в последние годы даже не компенсируют текущую добычу нефти (в последние год—два только на 2/3).

Обеспеченность (кратность) добычи по компаниям составляет 20–50 лет по активным (высокопродуктивным) и 48–115 лет по трудно извлекаемым запасам.

Главным направлением повышения обеспеченности запасами остаются геологоразведочные работы, поэтому действующую законодательную базу в области недропользования следует развивать в двух направлениях. Во-первых, в создании стимулов для эффективного выполнения геологоразведочных работ за счет собственных средств недропользователя; во-вторых, нормы и правила использования отчислений на ВСМБ следует трансформировать в направлении максимального расширения свободы их использования.

Основа стратегии развития сырьевой базы нефтегазодобычи в России — рациональное вовлечение в промышленное освоение учтенных прогнозных ресурсов нефти, газа и газового конденсата. По геолого-экономическим характеристикам эти прогнозные ресурсы отчетливо подразделяются на три группы.

К первой группе отнесены ресурсы регионов с высокой степенью разведанности, такие как Северо-Кавказский и Волго-Уральский (63–67%), отдельные районы Западной Сибири, европейский Север. Вторая группа прогнозных ресурсов характеризуется достаточно надежной обоснованностью геолого-геофизическими данными, высокой концентрацией в пределах крупных объектов на доступных глубинах. К этой группе отнесены ресурсы неосвоенных районов европейского Севера и приенисейской части Западной Сибири; нефти и газа наиболее изученных районов Восточной Сибири (Байкитская и Непско-Ботуобинская нефтегазоносные области); значительной части шельфа Баренцева, Карского и Охотского морей. Третья группа прогнозных ресурсов (большая часть Дальневосточного региона, восточный сектор Арктики, центральные районы России) характеризуется, как правило, низкой достоверностью. Потребуется длительное время для перевода этих ресурсов в запасы промышленных категорий.

Наибольший объем прироста запасов нефти с конденсатом будет обеспечиваться Западно-Сибирским регионом, в первую очередь Ханты-Мансийским автономным округом (50—52%). По европейскому Северу следует ожидать незначительного увеличения темпа прироста запасов нефти за счет интенсификации поисково-разведочных работ на территории Республики Коми. По «старым» добывающим районам (Северный Кавказ, Урало-Поволжье) прогнозируется стабильный уровень приростов запасов жидких углеводородов.

Намечающийся интенсивный разворот поисковых, а в дальнейшем и разведочных работ в Восточно-Сибирском регионе позволит существенно расширить территории, вовлеченные в поисковые работы и одновременно форсировать разведочные работы на ранее открытых и вновь открываемых месторождениях. Это ключевое условие реализации в среднесрочной перспективе стратегии частичного замещения выбывающих добывающих мощностей в Урало-Поволжском, а затем Западно-Сибирском регионах новыми подготовленными к разработке запасами нефти в Восточной Сибири.

Ситуация в регионах: анализ запасов и добычи нефти. Главными районами разведки и добычи нефтяного сырья остаются традиционные нефтяные регионы страны, характеризующиеся высокой степенью разведанности и выработанности запасов: Западная Сибирь, Урало-Поволжье, европейский Север (соответственно 68, 27 и 4% текущей добычи нефти в стране). Эти районы останутся основой российской нефтедобычи и в обозримой перспективе — на их долю в 2020 г. придется 62, 14 и 8% прогнозной добычи по распределенному фонду месторождений.

Около 17% добычи обеспечивают методы увеличения нефтеотдачи (МУН), остальное приходится на «базовую добычу» (из действующего на 01.01.2000 г. фонда скважин). В 2015 г. ее доля сократится до 51%, доля МУН до 14%. Оставшуюся 1/3 добычи будут обеспечивать новые скважины на разрабатываемых месторождениях (4%); скважины, вводимые из бездействия, консервации и контрольные (7%); новые скважины на месторождениях распределенного фонда, вводимых в разработку (21%); месторождения нераспределенного фонда (4%).

В настоящее время 2/3 дополнительной добычи нефти за счет применения МУН приходится примерно в равных долях на гидроразрыв пласта (ГРП) и физико-химические методы (ФХМ). К 2015 г. добыча за счет МУН по России возрастет примерно на четверть (с 43 до 50 млн.т/год). Структура применения МУН станет более диверсифицированной: 21% — ФХМ, по 18% — ГРП и прочие методы, 17% — резка вторых стволов, 15% — бурение горизонтальных скважин, 11% — тепловые методы.

Даже при наиболее благоприятном наборе допущений уже к 2015 г. наша страна выйдет на уровень 100%-ного использования потенциала (т.е. располагаемых производственных мощностей по добыче) открытых месторождений как распределенного, так и нераспределенного фонда. Разрыв между потребностью в добыче и возможностью ее удовлетворения за счет разработки открытых месторождений может наступить много раньше 2015 г. Таким образом, единственная возможность для страны избежать в перспективе кризиса недопроизводства собственной нефти — резкая интенсификация геологоразведочных работ. Единственное средство для этого — резкое повышение инвестиционной привлекательности экономико-правовой среды российской экономики вообще и ее нефтяной промышленности в частности, в первую очередь — стимулирующих инвесторов вкладывать деньги в разведку и разработку месторождений, в т.ч. на новой технической базе.

Степень выработанности начальных суммарных ресурсов, потребные инвестиции и их источники. Наряду с Западной Сибирью наиболее перспективны для поисков и разведки новых месторождений нефтегазовые провинции Тимано-Печорского региона, Восточной Сибири и Дальнего Востока, прибрежные акватории России (в первую очередь, шельф о.Сахалин, Баренцево и Охотское моря). Однако освоение новых добывающих районов весьма высокзатратное.

Степень выработанности начальных суммарных ресурсов ($HCP = \text{накопленная добыча} + ABC_1 + C_2$) по Тимано-Печорской провинции составляет 9,2%, степень разведанности 39,4%. При этом по Республике Коми степень их выработанности — 19,3% при степени разведанности 45%, а по Ненецкому АО 0,8 и 43,7% соответственно. В Ненецком АО сдерживающий фактор вовлечения в разработку запасов нефти — значительный разброс месторождений на большой территории, что создает трудности для компактного обустройства нефтедобывающих предприятий, а также отсутствие развитой инфраструктуры. Величина подготовленных к разработке и разведываемых месторождений по Тимано-Печорской провинции в 1,5 раза превышает запасы разрабатываемых. Почти все разрабатываемые месторождения находятся в Республике Коми, а 60% подготовленных и разведываемых месторождений — в Ненецком АО. Добыча по Тимано-Печорской провинции в 2010—2015 гг. может достигнуть 30 млн.т/год, или 8% добычи нефти в стране.

В пределах Восточной Сибири и Дальнего Востока на базе разведанных запасов и прогнозных ресурсов формируются три крупных центра нефтедобычи: на шельфе о.Сахалин; в Эвенкийском АО Красноярского края с центром нефтедобычи на Юрубчено-Тохомском месторождении; в Иркутской области/Республика Саха с центром добычи на месторождениях Талаканское и Верхнечонское.

Развитие нефтедобычи в Красноярском крае и Республике Саха связано с созданием производственной и социальной инфраструктуры и большой удаленностью от магистральных трубопроводов и рынков сбыта, что существенно удорожает издержки их добычи и доставки как на внутренний, так и внешний рынок (Китай, Корея и др.). Перспективы добычи нефти на Сахалине связаны с освоением шельфа со сложными природными (особенно ледовыми) условиями, что требует применения дорогостоящих технологий разработки.

Уровень добычи нефти по Восточной Сибири и Дальнему Востоку, включая шельф о.Сахалин, может приблизиться к 2020 г. к уровню 50 млн.т и достичь 13% добычи нефти в стране.

Осуществление такой крупной программы освоения новых высокзатратных месторождений требует, с одной стороны, резкого увеличения объема поисково-разведочных работ на нефть и газ, ежегодных инвестиций в разведку и добычу нефти (почти в три раза к концу прогнозного периода по сравнению с уровнем 1998 г.), с другой, — интенсификации работ в области НТП в целях повышения извлекаемого потенциала разведываемых и разрабатываемых месторождений, резкого снижения издержек разведки и добычи нефти.

Развитие работ на основе СРП. В настоящее время в России наиболее благоприятные условия для инвестиций в нефтедобычу обеспечивает механизм соглашений о разделе продукции (СРП). Основными районами концентрации проектов СРП, находящихся на различных стадиях подготовки, являются Западная Сибирь, Волго-Уральский регион, Республика Коми, Ненецкий АО и Сахалинская область. По 20 объектам СРП, включенным в ФЗ «Об участках недр, право пользования которыми

может быть предоставлено на условиях раздела продукции», капитальные вложения за весь срок СРП (25 лет) составят около 80 млрд.долл., при этом 55 млрд.долл. — на 11 «новых» проектах, которые могут разрабатываться только на условиях СРП. Прирост добычи нефти за счет реализации проектов СРП может составить к 2010 г. 100 млн.т/год, обеспечив более четверти добычи нефти в стране, из которых 65 млн.т/год — на 11 «новых» проектах СРП.

В целях повышения эффективности применения механизма СРП необходимо внести поправки в Закон РФ «О СРП», обеспечивающие защиту национальных интересов России и устраняющие препятствия, нарушающие гарантии стабильности и повышающие риск осуществления таких проектов. Необходимо также завершить разработку и принятие эффективной нормативной базы по вопросам СРП, учитывая, что в стране одновременно действуют два параллельных и равноправных инвестиционных режима недропользования: лицензионный и СРП, конкурирующие между собой за инвестора.

Масштабы освоения месторождений на основе соглашений о разделе продукции должны в конечном счете определяться конкурентными преимуществами СРП по сравнению с лицензионным режимом недропользования. Однако основной зоной применения СРП, скорее всего, будут очень крупные (одно месторождение — один проект) и очень мелкие (несколько месторождений — один проект) месторождения. Середина ресурсного диапазона, вероятнее всего, останется зоной преимущественного применения лицензионной системы недропользования.

Направления научно-технического прогресса. В настоящее время российскими предприятиями освоено около 90% номенклатуры необходимого нефтяной отрасли оборудования. Однако его технический уровень и качество (в координатах цена—качество) в большинстве случаев уступают лучшим мировым образцам. Только 14% машин и оборудования отвечают мировому уровню, около 70% парка буровых установок и 30% агрегатов для ремонта скважин морально устарели.

Приоритетами НТП, получающими государственную поддержку, должны стать технологии и технические средства высокой степени готовности, обеспечивающие кратное (а не на 5—10%) повышение экономической эффективности их применения. Перспективы повышения научно-технического уровня нефтедобычи зависят от возможностей российской обрабатывающей промышленности производить соответствующее конкурентоспособное оборудование и технологии. Необходимо обеспечить принцип конкурентных преимуществ поставляемых для нефтегазовой отрасли товаров и услуг как единственному критерию конкурсного выбора того или иного поставщика, подрядчика, перевозчика.

Необходимо решение проблемы организации финансирования технического перевооружения отраслей обрабатывающей промышленности в интересах нефтяной отрасли. В рамках работ, нацеленных на повышение извлекаемого потенциала разрабатываемых месторождений, источником обеспечения указанного финансирования могла бы быть часть будущей дополнительной добычи нефти, полученной с применением новых технологий. Наиболее перспективными технологиями для разработки месторождений и добычи нефти являются:

бурение многозабойных, горизонтальных и горизонтально-разветвленных скважин (увеличение нефтеотдачи пластов на 15—20%);

закачка в пласт растворителя и газоводяной смеси (увеличение нефтеотдачи пластов на 25—30% и дополнительной добычи нефти на 20—25 млн.т/год);

микробиологическое, электрическое и электромагнитное воздействия на пласт (увеличение нефтеотдачи на 25—30%);

физико-химическое воздействие полимерно-гелевых систем (дополнительная добыча может составить около 2 тыс.т нефти на 1 т реагента);

Виброакустическое и электрическое воздействия на призабойную зону заводненных пластов (увеличение нефтеотдачи на 5—7% и дополнительной добычи нефти до 10 млн.т/год);

использование глубоко проникающего гидроразрыва пласта и др.

В связи с прогнозируемым ростом добычи нефти (и газа) на шельфе окраинных морей России важнейшее направление научно-технического прогресса — совершенствование существующих и создание новых технологий морской нефте(газо)добычи, формирование на базе судостроительных и смежных с ними отраслей российского ВПК новой отрасли российской экономики — промышленности по производству оборудования для морской добычи нефти и газа (главным образом в арктических районах).

Одним из важнейших направлений НТП в нефтедобыче должно стать экологическое. Основная масса загрязняющих веществ, поступающих от ТЭК в атмосферу, приходится на сжигание попутного нефтяного газа на факелах. Разработка технологий его утилизации — реконструкция систем нефтесбора, использование мультифазных насосов для перекачки газа совместно с нефтью — первоочередная задача и по экономическим соображениям (прекращение утраты ценного химического сырья). Вторая важная задача экологического НТП — создание систем утилизации накопленных на промыслах нефтешламов и других отходов бурения и рекультивации загрязненных ими земель.

Добыча нефти и государство: неплатежи, налоги, ценообразование, инвестиции, собственность, развитие конкуренции и институциональные преобразования, социальные проблемы регионов. Сегодня появляются признаки выхода на позднюю стадию развития для главной нефтедобывающей провинции страны — Западной Сибири и приближения к ней России в целом. Тимано-Печорская, Восточно-Сибирская и другие провинции ни по объему предполагаемых запасов, ни по условиям освоения не смогут переломить ситуацию в старении сырьевой базы нефтяного комплекса России в силу фундаментальных геологических и природно-климатических причин. Поэтому потребуется модель государственной политики, которая учитывала бы особенности поздней стадии «естественной динамики» в отношении инвестиционной, налоговой, ценовой политики, институционального устройства нефтяного комплекса.

Во всем мире интенсивно снижаются издержки (в среднем по миру примерно на 1 долл./баррель в год), в первую очередь в результате интенсивного применения революционных достижений НТП, особенно в районах добычи наиболее дорогостоящей нефти (глубоководные морские акватории, арктические районы, методы повышения нефтеотдачи и пр.).

Происходит заметная либерализация налоговых режимов в большинстве нефтедобывающих стран, особенно со сравнительно высокими издержками добычи (гибкое налогообложение, как правило, со скользящей шкалой в зависимости от экономической эффективности разработки месторождений, т.е. проектно-ориентированное налогообложение, предмет налогообложения — прибыль, а не валовая выручка). Это обеспечивает получение компаниями приемлемой прибыли и сохранение склонности к инвестициям, даже при значительном

снижении цен на нефть, как это было, например, в 1997—1998 гг.

Для снижения издержек необходимы инвестиции в новые технологии. Налоговая сфера должна стать адекватной совокупности рисков инвестиционной деятельности, для чего необходимы институциональные изменения.

Неплатежи. Чрезмерный налоговый пресс и жесткая фискальная политика в отношении нефтяной отрасли в течение последнего десятилетия привели к тому, что выручки от реализации не хватало на уплату налогов, выплату зарплаты и покрытие затрат на производство, не говоря уже об инвестициях в поддержание и наращивание уровней добычи. Поэтому, с одной стороны, нефтяная отрасль превратилась в крупнейшего заемщика финансовых средств как у внутренних, так и у внешних кредиторов. С другой стороны, живя в кредит, отрасль сама вынуждена кредитовать другие отрасли и государство поставками энергоносителей.

Отрасль не имеет возможности самостоятельно сократить дебиторскую задолженность, поскольку значительная часть ее должников — бюджетные организации-потребители котельно-печного топлива, которым государство не предусматривает в соответствующих бюджетах достаточных средств на оплату потребляемых энергоресурсов. Предлагаемые на отраслевом уровне меры фактически ведут лишь к ослаблению остроты проблемы неплатежей. Кардинальное решение этой проблемы в отрасли должно стать результатом преодоления общего кризиса неплатежей в российской экономике.

Налоги. Минерально-сырьевая база нефтедобычи в России переходит в стадию развития с падающей долей горной ренты в цене. Вследствие негибкой налоговой политики на уровне ценовых соотношений 1998 г. более 70% запасов нефтяных компаний находятся на грани рентабельности. Существующая система налогообложения не обеспечивает справедливого распределения горной и ценовой ренты между государством (собственником ресурсов) и нефтяными компаниями, их разрабатывающими. Система является негибкой, чрезвычайно усложненной, фискально-ориентированной. В целях ее совершенствования необходимо ввести в нефтедобывающей промышленности новую систему налогообложения, состоящую из трех основных составляющих: платежей за право пользования недрами; налога на прибыль и налога на дополнительный доход от добычи углеводородов. Следует законодательно исключить двойное (многократное) налогообложение при движении средств внутри вертикально интегрированных компаний.

Необходимо также формирование системы вывозных таможенных пошлин за экспортируемую продукцию, которая гибко отражала бы влияние на финансово-экономическое состояние нефтедобывающих предприятий складывающейся на мировых рынках ценовой конъюнктуры. Это позволит повысить конкурентоспособность российских экспортеров нефти в случае понижения и увеличить бюджетные поступления в случае повышения конъюнктуры. Эти дополнительные бюджетные поступления (или большая их часть) могли бы пойти на выплату внешних долгов страны и пополнение бюджета развития в части формирования инвестиционных (залоговых) ресурсов для финансирования (обеспечения финансирования) развития самой нефтяной отрасли.

Ценообразование. Важный аспект государственной политики в области ценообразования в нефтедобывающей промышленности — создание механизма и институтов ценообразования, обеспечивающих формирование системы рыночных цен, уравнивающих спрос и предложение на рынке жидкого топлива.

В мировой практике цены на нефть определяются на специализированных биржах (Нью-Йоркская, Лондонская, Сингапурская) через механизмы фьючерсной торговли нефтяными контрактами. Однако из-за разницы внутренних и мировых цен биржевые котировки мировых цен не могут в настоящее время быть использованы в качестве обоснованных ценовых ориентиров для внутреннего рынка. Отсутствие в стране рынка срочных контрактов (фьючерсного рынка) не позволяет устанавливать реальные рыночные цены и определять ценовые ориентиры, опирающиеся на ожидания самого рынка. Поэтому целесообразно в России создать механизм формирования рыночных цен, подобный действующему на мировом рынке, и сформировать ряд отсутствующих в стране рыночных институтов, таких как нефтяная биржа; фьючерсный рынок нефтяных контрактов; Государственный нефтяной резерв — находящиеся под контролем государства коммерческие запасы нефти и нефтепродуктов, оператором которого могла бы быть Государственная нефтяная компания в случае ее создания. Это усилило бы ценообразующую роль государства на нефтяном рынке (по аналогии с ролью Центрального Банка России на валютном рынке страны для поддержания валютного курса рубля) и позволило бы сглаживать сезонные и случайные ценовые колебания на рынке жидкого топлива.

Инвестиции. Основной источник инвестиций сегодня — собственные средства нефтяных компаний (85—90%). Это свидетельствует о вынужденной нацеленности инвестиционных программ нефтяных компаний на решение текущих задач, а низкая доля иностранных заемных средств в общем объеме инвестиций — о непривлекательности российского инвестиционного климата даже в такой традиционно пользующейся повышенным инвестиционным спросом отрасли, как нефтяная. Для формирования необходимых инвестиционных ресурсов за счет собственных средств предприятий потребуются пересмотр налоговой и ценовой политики государства с фискально-конъюнктурной на перспективно ориентированную. Либерализация, повышение гибкости и адаптивности налогового режима и снижение рисков инвестиционной деятельности (в первую очередь, институциональных, т.е. зависящих от механизма и институтов принятия решений государством) — необходимый элемент повышения инвестиционной привлекательности России и ее нефтяной отрасли.

В перспективе 25—30% общего объема инвестиций может составить заемный и акционерный капитал. Инвестиции в новые крупные проекты будут в основном осуществляться на условиях проектного финансирования, т.е. под обеспечение финансовых потоков, генерируемых самим проектом.

Формирования приемлемого для целей проектного финансирования законодательства должно происходить в направлении совершенствования как лицензионной системы недропользования, так и построенной на применении режима соглашений о разделе продукции.

Целесообразно законодательно разрешить залог прав пользования недрами. Такой шаг следует рассматривать в качестве частного случая формирования более общей системы обращения (оборота) прав пользования недрами. Необходимо сформировать новый сегмент фондового рынка — рынок лицензий на право пользования недрами с приданием ему всех необходимых атрибутов рынка ценных бумаг и с введением на нем разумного ограничения оборотоспособности участков недр и прав пользования ими со стороны собственника недр — государства.

Важнейший элемент повышения инвестиционной привлекательности российского нефтяного комплекса —

обеспечение стабильности существующей в стране экономико-правовой среды, в первую очередь налоговой системы, как в части номенклатуры и ставок налогов (общих и специальных), так и в части налогового администрирования.

Для крупномасштабных инвестиций может потребоваться эффективная государственная поддержка осуществляющих эти проекты частных российских инвесторов. Одним из возможных механизмов ее осуществления может стать формирование специализированного государственного инвестиционного (залогового) фонда, функционирующего на принципах и условиях Бюджета развития, но с учетом специфики инвестиционных проектов добывающих отраслей ТЭК. Ресурсы этого фонда могут выступать в качестве обеспечения (залога)

под привлекаемые российскими компаниями для финансирования нефтяных проектов заемные средства. И источником формирования фонда может служить будущая государственная доля прибыльной нефти в разрабатываемых и подготовленных к разработке проектах СРП и часть поступлений от вывозных таможенных пошлин на нефть и продукты ее переработки в периоды высокой ценовой конъюнктуры.

Прогнозируемое социально-экономическое развитие страны обуславливает необходимость добычи нефти для удовлетворения внутренних потребностей и экспортных поставок к 2020 г. в объеме не менее 360 млн.т/год, т.е. с увеличением на 18% по сравнению с уровнем 1999 г. Потенциал России позволяет выйти в перспективе на стабильную добычу нефти 360—380 млн.т и более.

УДК 553.04.001.25

© А.И.Кривцов, Б.И.Беневольский, И.Ф.Мигачев, 2001

Проблемы национальной минерально-сырьевой безопасности*

А.И.КРИВЦОВ, Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ, И.Ф.МИГАЧЕВ (ЦНИГРИ)

Многие страны мира, обладающие существенными минерально-сырьевыми базами, при выборе вектора национальной минерально-сырьевой политики на ближнюю и дальнюю перспективы оказываются в положении «витязей на распутье». Благородная и высокочеловеческая идея сбалансированного развития человечества (удовлетворение текущих потребностей не в ущерб будущим поколениям), эскалация процессов глобализации (очевидные текущие выгоды получения внешних источников для интенсификации освоения минерально-сырьевых баз, создания рабочих мест, формирования современных технологических инфраструктур), национальные минерально-сырьевые интересы (в т.ч. и в сфере создания условий для сбалансированного развития) находятся далеко не в конформных соотношениях. Острота этих проблем так или иначе обнажилась в основных докладах XXXI сессии Международного геологического конгресса, которая проводилась под девизом «Геология и сбалансированное развитие; вызов третьего тысячелетия».

Из материалов МГК-XXXI следует, что концепция сбалансированного развития («устойчивого» в ряде русскоязычных и переводных работ), выдвинутая ООН в 1992 г., процессы глобализации минерально-сырьевых баз, интенсивно идущие в последние годы; национальные минерально-сырьевые интересы многих стран и проблемы удовлетворительного минерально-сырьевого обеспечения потребностей человечества при росте жизненного уровня как во всем мире, так и в развивающихся странах, требуют глубокого анализа для достижения разумных (и приемлемых) компромиссов. По нашим представлениям, национальные минерально-сырьевые интересы стран, обладающих значительными минеральными ресурсами, должны быть определяющими как при реализации концепции сбалансированного развития мира, так и глобализации минерально-сырьевых баз.

В «Концепции национальной безопасности Российской Федерации» (Указ Президента РФ от 17.12.1997 г. № 1300)

был сформулирован ряд направлений и принципов государственной политики, реализация которых возможна лишь при создании необходимых предпосылок минерально-сырьевой безопасности страны. Иными словами, состояние минерально-сырьевой безопасности страны решающим образом влияет на национальную безопасность (во всех сферах).

В Концепции констатированы:

обострение международной конкуренции в целях обладания природными ресурсами;

сужение сырьевой базы российской промышленности и рынков сбыта ее продукции;

проявления дискриминационных процессов в отношении РФ на мировых рынках.

Россия обладает значительными запасами сырья и природных ресурсов — ключевыми предпосылками для устойчивого развития экономики в режиме расширенного воспроизводства после (либо при условии) преодоления кризисных элементов социально-экономических процессов.

В Концепции поставлены задачи устойчивого обеспечения ведущих отраслей страны качественным сырьем, реализации системы постоянного контроля за стратегическими ресурсами страны, рационального использования природно-ресурсных систем в интересах удовлетворения потребностей не только нынешних, но и будущих поколений.

В качестве главных угроз национальной безопасности в минерально-сырьевой сфере в Концепции выделены:

гипертрофированное развитие экспорта топливно-энергетических ресурсов, что влечет за собой снижение энергообеспечения национальной промышленности и ограничивает возможности ее эффективного функционирования и развития, особенно в условиях внешней экспансии на рынок России зарубежного оборудования, товаров и продовольствия;

рост вывоза (экспорта) из страны стратегических и критических видов минерального сырья и материалов, не сопровождающийся эффективным использованием соответствующих валютных поступлений в национальной промышленности и экономике.

В Концепции также сказано об угрозе истощения (истощения) природных ресурсов. Отметим, что в современных горно-, нефте- и газодобывающей промышленности катастрофически возрастают

*Изложение содержания докладов авторов на МГК-XXXI (Рио-де-Жанейро, август 2000 г.), Всероссийском съезде геологов (Санкт-Петербург, октябрь 2000 г.) и некоторых положений книги «Национальная минерально-сырьевая безопасность. Введение в проблему». — М.: ЦНИГРИ, 2000.

невосполнимые потери ресурсов минерального сырья в недрах в связи с прекращением функционирования ряда добывающих мощностей, полное восстановление которых во многих случаях практически невозможно, а также в связи с выборочной (по сути хищнической) отработкой многих месторождений высоколиквидных полезных ископаемых.

Реализация положений Концепции, как это рассмотрено в соответствующем ее разделе, требует объективного и всестороннего анализа и прогнозирования угроз национальной безопасности. Этот анализ должен быть основой выявления критериев национальной безопасности и определения их пороговых значений.

С нашей точки зрения, необходимые мероприятия должны быть реализованы при разработке национальной минерально-сырьевой стратегии и политики страны, что предусмотрено соответствующими законодательными актами РФ. Отметим, что уже состоявшиеся принятия ряда законов, касающихся природно-ресурсной сферы страны, фактически отвечают сумме разновременных тактических решений в условиях отсутствия долгосрочной национальной стратегии.

Экономическое благополучие России во многом определяется минерально-сырьевыми ресурсами страны, состоянием и тенденциями мирового минерально-сырьевого обеспечения в условиях интенсификации процессов глобализации. Отсюда следует необходимость выбора доминирующих векторов внутренней и внешней политики государства в сфере недропользования.

С распадом СССР в Европе и Средней Азии создалась совершенно новая минерально-сырьевая ситуация. В области энергетических и минерально-сырьевых ресурсов ни одна из республик СССР, ставших независимыми государствами, не располагает всеми видами полезных ископаемых, необходимых для жизнеобеспечения и экономического развития, а по имеющимся полезным ископаемым не обеспечивает не только роста, но и поддержания добычи на достигнутых ранее уровнях.

Минерально-сырьевой комплекс России, несмотря на его крупный потенциал, созданный до начала 90-х годов, и более высокую устойчивость по сравнению с другими отраслями экономики к выживанию в условиях реформирования, также оказался в критическом состоянии. Тем не менее, он сохраняет фундаментальное значение для всего народного хозяйства, удерживая его от еще более глубокого кризиса.

В то же время горнодобывающая промышленность России еще остается в зоне перманентного спада производства. Положение усугубляется тем, что страна не имеет эффективных средств для разработки разведанных запасов ряда дефицитных полезных ископаемых (марганцевые и хромовые руды, титан и др.). Состояние сырьевых баз других полезных ископаемых в важнейших горнодобывающих регионах и действующих предприятий резко ухудшилось в связи со значительным истощением запасов, снижением их экономической ценности, усложнением условий отработки в результате длительной и интенсивной эксплуатации.

Качество руд на некоторых месторождениях не обеспечивает рентабельную отработку как из-за низкой эффективности применяемых технологий извлечения полезных ископаемых из добытых руд, так и по экономическим (фискальным и др.) причинам, вследствие чего обеспеченность минеральными ресурсами в начале XXI в. может еще ухудшиться, что, несомненно, скажется на устойчивости системы минерально-сырьевых основ безопасности Российской Федерации.

Несмотря на крупный минерально-сырьевой потенциал, неразведанные (прогнозные) ресурсы России в основной своей части геологически более сложны для

открытия, более труднодоступны для промышленного освоения; их выявление и использование потребуют значительно больших объемов геологоразведочных работ и капитальных затрат. Вместе с тем к 2000 г. геологоразведочные работы катастрофически сократились. Обязанности недропользователей по воспроизводству сырьевой базы практически не выполняются, поскольку горнодобывающие предприятия сосредоточены на преодолении собственных текущих экономических трудностей и не заинтересованы в наращивании запасов даже на ближайшую перспективу.

Устойчивое обеспечение экономики России минеральными ресурсами с учетом возрастающей потребности в них в перспективе и высокой инерционности минерально-сырьевого комплекса требует заблаговременного восполнения и расширения добывающих мощностей, наращивания масштабов воспроизводства минерально-сырьевой базы. Россия продолжает отставать от других развитых стран по потреблению минерально-сырьевых ресурсов на душу населения, что влечет за собой снижение социально-экономической и политической устойчивости.

Императив функционирования системы расширенного воспроизводства минерально-сырьевой базы — количественное опережение приростом запасов их погашения в недрах.

На современном этапе прежде всего необходимо объективно воспринимать происходящие перемены и найти подходы к государственному пониманию роли минерально-сырьевой базы в реформировании России. На этом пути первоочередными тактическими задачами являются:

- восстановление рентабельной сырьевой базы в районах имеющихся горнодобывающих предприятий;

- восстановление и развитие геологической отрасли применительно к условиям современного периода перехода к рыночной экономике;

- разработка и создание современной системы федерального учета и прогноза развития минерально-сырьевой базы России;

- разработка долгосрочной государственной стратегии в области недропользования.

Для реализации этих задач должна быть усилена роль государства и разработаны политический и экономический механизмы обеспечения минерально-сырьевой безопасности страны — системы организационно-экономических и правовых мер по предотвращению угроз в сфере минерального сырья.

При разработке минерально-сырьевой и горнодобывающей политики РФ в сфере национальной минерально-сырьевой безопасности принципиально важно то, что глобальный минерально-сырьевой рынок в значительной мере сложился без существенного участия России. Длительно существовавшая и в достаточной степени сбалансированная система стран-поставщиков и стран-потребителей минерального сырья объективно не нуждалась (и не нуждается) в допуске в эту достаточно замкнутую систему других партнеров. Вхождение РФ в международный минерально-сырьевой рынок на постоянных основах требует обеспечения должной конкурентоспособности производства минерального сырья, создания стабилизирующей (амортизирующей) системы, которая способна преодолевать стихийные и спровоцированные демпинговые процессы, а также обычные для высоколиквидных полезных ископаемых контрастные перепады мировых цен.

Минерально-сырьевая политика ведущих стран мира на рубеже нового столетия укладывается в следующие основные модели:

чисто экспортная («сырьевые придатки»), отвечающая схеме товар (сырье) на вывоз—деньги (валюта) в страну, которая наиболее известна как «нефтедолларовая». По ней достигается высокое благосостояние соответствующих стран и народов на определенный исторический период по «рентному» принципу, не требующему развитой и мощной перерабатывающей инфраструктуры со всеми ее общественно-экономическими и социально-политическими проблемами и последствиями. Экспортная модель минерально-сырьевой политики в исторической перспективе конечна в силу естественной истощаемости исходного минерально-сырьевого богатства с течением времени. Тем не менее, разумный вариант экспортной модели допускает потенциальную возможность заблаговременного создания такой национальной технико-технологической структуры, которая может быть функционально и экономически эффективной без экспортного допинга (относительно кратковременного в историческом масштабе);

импортная, складывающаяся в силу дефицитности исходной минерально-сырьевой базы (природа обделила) как в Японии, либо как в США, — политически провозглашенной и экономически поддерживаемой линии на максимальное использование внешних минерально-сырьевых баз. В исторической перспективе импортная модель также конечна в силу истощаемости минерально-сырьевых возможностей стран-поставщиков; однако импортная модель осуществляется в общенациональных интересах соответствующих стран, поскольку они сохраняют минерально-сырьевые ценности до определенных «критических» периодов полного истощения внешних минерально-сырьевых источников, т.е. стран-нынешних экспортеров («доноров»);

самообеспечение, политически оцениваемая как «изоляционная», возможная для реализации лишь в тех странах, площади и геологическое строение которых по минерально-сырьевым ресурсам достаточны как для текущего обеспечения промышленности, так и для ее роста и развития страны (в т.ч. уровня благосостояния народонаселения) на разумно длительную перспективу. Реализация этой модели доступна для ограниченного числа стран мира, на территории которых расположены достаточные минерально-сырьевые ценности. Модель самообеспечения обладает ограниченной устойчивостью, поскольку на любом отрезке исторического развития могут существовать другие страны, способные добывать (и поставлять) минеральное сырье намного дешевле, чем страны, использующие модель самообеспечения.

В чистом виде ни одна из охарактеризованных моделей не может быть реализована; они выделены по доминирующим направлениям в минерально-сырьевой политике тех или иных стран. При этом комбинированные модели минерально-сырьевой политики обладают большей устойчивостью в части обеспечения национальной безопасности и значительной гибкостью во внутренних и внешних экономических связях.

Для условий современной России реализация импортного сырьевого обеспечения практически не осуществима. Экспорт минерального сырья может отвечать интересам национальной безопасности до тех пределов, пока масштабы такого экспорта не превысят потребности внутреннего самообеспечения, необходимого для развития страны, нанося очевидный ущерб национальной промышленности. Возможно, эти опасные пределы уже достигнуты в России.

Одна из главных угроз национальной минерально-сырьевой безопасности России — отсутствие дифференцированного подхода к регулированию производства минеральных ресурсов заведомо разной ликвидности. Другая, уже закрепившаяся, — частично или

более чем частично реализованные деструктивные меры организационно-укладного разобщения предприятий, ранее входивших в единые отраслевые системы страны.

Вследствие многократно высказанных утверждений сформировалось мнение, что минерально-сырьевая база РФ в основном нерентабельна для использования, особенно в отношении освоения новых месторождений. Очевидно, что за годы реформ объективные качества минерально-сырьевой базы не изменились, а изменились организационно-экономические условия ее использования. Даже при допущении возможностей открытия уникальных по экономическим показателям месторождений минерально-сырьевая база РФ не претерпит принципиальных изменений качественных характеристик. При прочих равных условиях минерально-сырьевая база РФ находится в менее выгодных экономических обстановках, определяемых климатическими и инфраструктурными факторами России. В частности, огромные объемы добычи золота в Аризоне и Неваде методами кучного выщелачивания не могут быть реализованы в условиях, например, Якутии, Чукотки, Магаданской области и других субъектов РФ. Рассуждения о низком качестве отечественной минерально-сырьевой базы не учитывают того общеизвестного обстоятельства, что как в мире в целом, так и в основных горнодобывающих странах устойчиво снижаются содержания металлов в добываемых рудах. Это компенсируется ростом массы перерабатываемых руд преимущественно за счет их карьерной добычи, требующей мощного энергообеспечения, что недопустимо для многих удаленных районов России, обладающих значительными минерально-сырьевыми ресурсами, но лишенных источников энергии, доступных по разумным ценам.

Природные условия огромных пространств России заведомо определяют различия в экономической доступности минерального сырья в разных районах и на разных месторождениях. Эта ситуация хорошо известна в мировой практике, и подобные проблемы прямо воздействуют на деятельность горнодобывающих компаний. Известно и эффективное средство защиты — диверсификация (или «консолидация»), т.е. вовлечение в сферу деятельности возможно большего числа предприятий с широким разнообразием географического (и экономического) размещения и производимых видов минерального сырья. Иными словами, это «система» внутриотраслевого объединения предприятий, приобретающая межотраслевой характер для обеспечения экономической стабильности при принципиальных различиях экономических показателей разных предприятий, а также для защиты от рисков, в т.ч. и ценовых. Практически единственная сохранившаяся в РФ система подобного рода — РАО «Газпром» эффективно доказала свою экономическую жизнеспособность даже в условиях российской жесткой фискальной политики.

Решение проблемы разнорентабельных горнодобывающих предприятий имеет и «внесистемные» способы, основанные на дифференциации полезных ископаемых и добывающих мощностей и на соответствующем регулировании их деятельности экономическими приемами. Так, хорошо известная в мире система межотраслевых балансов в сфере минерально-сырьевых ресурсов в России не сложилась не только в регуляторно-управленческом аспекте, но и в объективной статистической отчетности, что лишает национальную минерально-сырьевую стратегию фактографических основ. Угрозу устойчивости минерально-сырьевой безопасности страны создают также сложившиеся уровни энергообеспечения и перспективное обеспечение энергоносителями. Возможные варианты прогноза добычи нефти в лучшем случае могут обеспечить среднегодовой рост энергопотребления на 1%,

что прямо может отразиться на общем промышленном производстве и национальном ВВП. При таких темпах роста нефтедобычи трудно ожидать создания новых крупных горнодобывающих предприятий (либо многих средних), обладающих, как известно, весьма значительной энергоемкостью производства. При нахождении на значительном удалении от топливно-энергетических баз ситуация еще больше усугубится при сохранении нынешнего уровня экспорта энергоносителей и при использовании возможных приростов добычи на его поддержание.

В расчетах валового и приведенного национального энергопотребления в малой степени учитывается необходимость роста бытового энергоснабжения, которое в настоящее время неадекватно климатическим условиям страны и за пределами индустриальных центров все в большей мере создается за счет вырубки лесов.

Принципиальное значение в сфере отечественной минерально-сырьевой безопасности имеют геополитические аспекты национальной минерально-сырьевой и горнодобывающей стратегии России. Миграция населения из огромных северо-восточных территорий в связи с закрытием горнодобывающих предприятий не только усилила социальную напряженность, но и создала предпосылки для возможных внешних территориальных экспансий (в любых формах), мотивированных перенаселенностью других стран, что резко контрастирует с уровнями использования ряда крупных территорий России.

Центральное место в решении этой проблемы — минерально-сырьевая база, поскольку пограничные северные и дальневосточные регионы за небольшим исключением, как правило, не имеют другой более развитой промышленности, чем горнодобывающая. Именно она определяет занятость населения в основном производстве и сфере услуг, а в геополитическом плане обеспечивает присутствие государственных структур и на-

селения в удаленных пограничных районах. Уместно обратить внимание на то, что в стратегическом документе правительства Канады «Политика правительства Канады в области минерального сырья и металлов — партнерство в целях устойчивого развития» провозглашено, что одна из главных целей — развитие горнодобывающей промышленности для стимулирования экономического роста и социальной интеграции удаленных районов.

В стратегическом плане соответствующим управляющим структурам России необходимо продуманно и взвешенно оценить экономически и политически целесообразный максимальный уровень добычи конкретного полезного ископаемого; установить, какой минимальный уровень является критическим для страны, внутреннего потребления и экспорта, какая часть добываемого сырья должна идти на экспорт и какая должна оставаться для внутреннего потребления. Состояние устойчивости национальной минерально-сырьевой безопасности определяется возможностями сырьевого обеспечения технико-технологической структуры страны и занятых в этой структуре рабочих мест в масштабах текущего производства или при тех или иных темпах его развития на ближнюю и дальнюю перспективы. Принципиальное значение могут иметь меры по реализации политики самодостаточности производства в удаленных районах страны взамен удушения предприятий налогами с последующей поддержкой соответствующих регионов федеральными трансфертами.

В современной ситуации страны для российской геологии положение о том, что геологи могут либо обогатить страну, либо разорить ее, становится (либо уже стало) безальтернативным. Это — еще один (и немаловажный) аспект национальной минерально-сырьевой безопасности, которая может быть существенно укреплена при державной поддержке Геологической службы страны.

Идеи и проекты века

УДК 550.832

© В.Ю.Зайченко, 2001

Тюменская сверхглубокая скважина — геолоборатория нового типа

В.Ю.ЗАЙЧЕНКО (ВНИИгеосистем)

Впервые идею использования сверхглубоких скважин для многолетних режимных наблюдений выдвинул Н.И.Хитаров: «Проекты скважин должны учитывать возможность закрепления их с целью сохранения забоя на возможно длительный срок после разбуривания для проведения систематических режимных наблюдений — специальных геофизических, термических, газовых, над жидкими выделениями с помощью автоматической аппаратуры» [14]. Другие ученые (Н.А.Беляевский и В.В.Федынский), поддерживая эту идею, обратили внимание на важность изучения состояния вещества по разрезам скважин, состава поднимающихся из мантии газов, химизма подземных вод, распределения геодинамических напряжений по глубине и т.д. [4].

Более полное обоснование необходимости создания подземных «геофизических обсерваторий» по типу астрономических и орбитальных космических станций дал И.А.Резанов [12]. Подземные геофизические лаборатории он представлял как скважинно-наземный измерительный

комплекс естественных геофизических и геохимических полей. Развивая эту идею, И.А.Резанов писал: «После завершения бурения ствол скважины должен быть оборудован таким образом, чтобы фиксировать все газовые выделения из пород, пройденных скважиной, измерять их концентрации и состав...Безусловно, представит интерес сравнения измерений одного и того же параметра, сделанных в сверхглубокой скважине и на поверхности Земли. Разнообразный и сложный по обслуживанию комплекс подземной (и наземной) геофизической (и геохимической) аппаратуры явит собой новый тип геофизической обсерватории» [12, с. 103].

Как видно, свое представление о геолоборатории И.А.Резанов изложил в более широком плане, чем это сделали Н.И.Хитаров, Н.А.Беляевский и В.В.Федынский, что объясняется влиянием новых технологий изучения глубинных слоев земной коры, получивших развитие в конце 70-х годов XX в. В последующие годы некоторые отечественные ученые (О.Л.Кузнецов, В.Д.Нартиков,

В.Ю.Зайченко, Л.А.Певзнер, Ю.И.Кузнецов и др.) развили и углубили основополагающие идеи своих предшественников, исходя из современных теоретических, информационных и технических достижений, что позволило сформулировать основные целевые, методологические, информационные и организационно-технические требования, которые следует предъявлять к геолобораториям современного типа. Так, в работе [7] были сформулированы и обоснованы основные положения, которые должны учитываться при проектировании геолобораторий на сверхглубоких скважинах, а именно: их целевое назначение, решаемые задачи, требования к информационно-измерительной системе, выбор геологических интервалов исследований, выбор измеряемых параметров, частота и последовательность измерений, организация скважинных и наземных наблюдений и др. Таким образом, к моменту проектирования новой геолоборатории на Кольской сверхглубокой скважине в нашей стране уже был создан значительный научно-методический багаж знаний о долговременных режимных наблюдениях, которые позволяли в достаточной мере реализовать основные идеи функционирования геолобораторий как одного из звеньев изучения сложных процессов эволюции земной коры на современном этапе ее развития. При разработке проектов геолобораторий для Кольской и Воротилловской сверхглубоких скважин многие из перечисленных положений были учтены. Однако при выполнении проектов реализовать их в полном объеме по разным причинам (в основном экономическим) фактически не удалось, о чем следует только сожалеть, т.к. безвозвратно утеряна ценнейшая информация, которая позволила бы прояснить многие вопросы геологической жизни таких геоструктур, как щиты (Балтийский щит — Кольская СГ-3), плиты (Русская плита — Воротилловская СГ-5), а также установить соответствие измеряемых наземными геофизическими методами физических параметров геологических сред фактическим данным по сверхглубоким скважинам в реальных термобарических условиях.

В настоящее время завершено бурение Тюменской сверхглубокой скважины (СГ-6) на глубине 7502 м, которая также может стать в строй действующих геолобораторий. Скважина СГ-6 расположена в уникальном геологическом регионе России — Западно-Сибирском нефтегазоперспективном бассейне, в северной периклинальной части Усть-Ямсовейской структуры Нижне-Пуровского мегапрогиба, в 20 км к западу от г.Уренгой Тюменской области. [13].

По проекту с помощью Тюменской сверхглубокой скважины нужно было решить следующие основные геологические задачи.

1. Изучить ранее не вскрытый разрез нижнеюрских, триасовых и палеозойских толщ в зоне Колтогорско-Уренгойского «грабен-рифта», их литолого-фациальные характеристики и стратиграфию.

2. Изучить механизм формирования фильтрационно-емкостных свойств глубокозалегающих осадочных комплексов мезозоя и палеозоя при высоких термобарических условиях.

3. Выяснить источники и генезис углеводородов и влияние теплового режима на масштабы генерации, миграции и аккумуляции нефти и газа.

4. Изучить геофизические, петрофизические и геохимические свойства глубокозалегающих пород.

5. Уточнить прогнозные и перспективные ресурсы углеводородов юрско-триасовых и палеозойских отложений.

6. Уточнить геологическую природу сейсмических отражающих горизонтов и аномалий геофизических полей.

При забое СГ-6 7502 м указанные задачи выполнены лишь частично. Следует ожидать, что дальнейшая обработка имеющихся данных позволит дополнить полученные результаты и выйти на новый уровень геологических знаний о вскрытом разрезе.

Первые результаты обработки и интерпретации имеющихся материалов достаточно полно изложены в работе [13], поэтому останавливаться на них детально не будем. Из числа принципиально новых геологических результатов, полученных при интерпретации материалов по СГ-6 на данном этапе, можно выделить следующие.

1. Вскрытые триасовые отложения (тампейская серия) имеют значительно меньшую мощность, чем ожидалось, примерно в 2 раза. Они представлены широким развитием песчаников и алевролитов. Ниже этой серии вскрыта мощная толща интенсивно измененных поствулканическими процессами базальтов, а в самой нижней части разреза установлены маломощные пластовые интрузии.

2. В осадочной и вулканогенной толщах выявлены благоприятные для аккумуляции и сохранения залежей углеводородов коллектора различного типа, что существенно расширяет перспективы нефтегазоносности глубоких отложений.

3. Материалы ВСП и АК позволяют по-новому трактовать природу отражающих и преломляющих границ в осадочном чехле, а также на границе палеозойского комплекса пород, что, несомненно, повысит достоверность интерпретации сейсмических волновых полей.

4. В осадочной толще отмечено широкое развитие нефтегазоматеринских пород различной продуктивности, что подтверждает возможность дальнейшей генерации и аккумуляции жидких и газообразных углеводородов в этой части разреза.

5. В триасовых отложениях на глубине 6,6—6,7 км обнаружена зона палеотемпературного несогласия, резко отличающаяся от предполагаемых температур, что представляет особый интерес для установления теплового режима в глубокозалегающих отложениях триаса в Западной Сибири.

6. По массовым исследованиям магнитных свойств керна установлено наличие магнитоактивного тела с кровлей на глубине 6970 м, что не подтверждает ранее предложенную магнитную модель по данным наземных наблюдений. Примерно этой же глубине соответствует резкое увеличение плотности пород. Полученные данные позволяют осуществить более надежную переинтерпретацию магнито- и гравиметрических материалов в этом районе на новой физической основе, что, несомненно, повысит достоверность геологических результатов магнито- и гравиразведки.

Из приведенного, далеко не полного перечня решенных геолого-геофизических задач видно, что получена хорошая основа для дальнейшего изучения особенностей осадочного комплекса отложений Западно-Сибирской плиты, которая может быть эффективно использована при продолжении исследований в этом районе на базе Тюменской сверхглубокой скважины в режиме постоянно действующей геолоборатории. Уникальность расположения СГ-6 позволяет ставить перед геолобораторией как фундаментальные задачи нефтегазовой геологии и геофизики, так и целый ряд прикладных задач, имеющих принципиальное значение для повышения эффективности поисково-разведочных и добычных работ в этом регионе. Это будет первая постоянно действующая геолоборатория в осадочном бассейне, которая позволит

лучше изучить важнейшие геологические процессы, характерные для этого типа мегаструктур, тем более нефтегазоперспективных. Для решения этой задачи информационно-измерительные возможности данной геологической лаборатории должны быть существенно увеличены, а ее организационная структура значительно упрощена. Усилия руководства геологической лаборатории должны быть направлены, прежде всего, на создание условий для формирования полноценного банка разнородных информационных данных, а также привлечение ведущих научных коллективов и ученых страны для обработки и интерпретации получаемой информации. В этом состоит кардинальное отличие Тюменской геологической лаборатории от действующих аналогов в других регионах.

Остановимся на перечне первоочередных прикладных задач, которые можно предложить для решения на базе Тюменской геологической лаборатории (табл. 1).

В табл. 1 приведен далеко не полный перечень прикладных задач, которые можно решать с помощью постоянных наблюдений на базе СГ-6 на современном этапе развития геофизических, геохимических, геоинформационных и других методов. Результаты этих исследований могут быть непосредственно использованы в практике ведения поисково-разведочных и добычных работ в Западной Сибири, что, несомненно, обеспечит повышение их эффективности.

Отличительная особенность этих работ — возможность решения поставленных задач в пространственном и временном измерениях, чего нельзя достичь при осуществлении эпизодических, разрозненных наблюдений. Для этого необходимо создать такую информационную базу данных, которая была бы достаточной для решения указанных задач. Как это можно сделать?

Необходимо пойти по пути создания пространственно-временной системы сбора геолого-геофизической и другой нужной информации на уровнях космос—воздух—земля—скважина, опорным стержнем которой должны стать определения геолого-геофизических, геохимических, петрофизических и иных параметров в разрезе СГ-6 во времени. Практически необходимо создать такой куб памяти данных, информационные ресурсы которого могли бы постоянно пополняться за счет периодических наземных наблюдений геофизических полей на определенной площади вокруг скважины, временных замеров параметров ГИС, а также космофотогеологических, аэрогеологических, сейсмологических и других съемок, выполненных в этом районе. На наш взгляд, одной из плоскостей сбора данных указанного куба могла бы быть площадь наземных наблюдений порядка 4×4 или 5×5 км (примерно такую площадь можно покрыть методами МОГТ ЗД, МСБО, ЗСБЗ, ЧЗ-ВП и другими за один световой день), что крайне важно, т.к. необходимо свести к минимуму в процессе съемок влияние планетарных явлений (лунно-приливные движения, солнечная активность и др.), а также землетрясений.

Работами В.Х.Ахиярова, Ф.К.Салманова и С.В.Курсина (1990), выполненными в Западной Сибири, доказано значительное изменение деформаций осадочного чехла, возникающих под действием приливного трения. Так, при проведении исследований в скв. 24 Ямбургской площади было установлено вертикальное смещение реперной границы на глубине 2665 м при различном положении Луны в интервале времени 7 ч 10 мин. и 9 ч 30 мин. 22 апреля 1974 г., равным около 20 см. Еще более существенные изменения положения реперной границы были получены на Заполярной площади при проведении исследований в скв. 38 в период между двумя сизигиями Луны в ноябре 1974 г. Общее смещение реперной границы

между 0 ч 4 ноября и 10 ч 6 ноября составило 174 см [3]. Эти данные подтвердили существование значительных деформаций осадочных отложений под действием приливных явлений. Дальнейшие исследования по изучению влияния изменения напряженности геологической среды на распространение упругих колебаний, используемых при сейсморазведке, показали, что периодические изменения интервального времени отраженных волн, связанные с приливным трением, достигают 3%. При этом характерно, что самый глубокий минимум интервального времени наступает в полнолуние. Нет необходимости в доказательстве того, что изменения интервального времени происхождения отраженных волн влечет за собой и изменения скоростей распространения волн упругих колебаний, которые используются для глубинных построений положения границ раздела в осадочных отложениях.

По данным В.Х.Ахиярова, на Усть-Белыкском полигоне за время наблюдений в течение девяти месяцев 1989 г. зафиксированы вариации скоростей сейсмических волн с цикличностью, кратной месяцу. Амплитуды изменения времени прихода отраженных волн в функции астрономического времени на временах записи 2—2,5 с достигали 30 мс [2, 3].

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости получения знаний о закономерностях изменения напряженности осадочных отложений и влияния их на параметры геофизических полей для внесения соответствующих поправок в результаты интерпретации геофизических наблюдений. Следует указать, что это относится не только к сейсмическим наблюдениям, но и другим геофизическим исследованиям, в т.ч. и ГИС, по материалам которых определяют подсчетные параметры нефтегазосодержащих коллекторов.

Прикладное значение изучения напряженности осадочных отложений не ограничивается поисково-разведочными работами, а распространяется и на работы по эксплуатации месторождений нефти и газа.

Известно, что при изменении напряжений в геологических средах изменяются и реологические свойства горных пород, что может привести не только к повреждению обсадных колонн, но и разрушению бурового инструмента при проходке «текучих» пород (глины, соль и т.д.). В связи с этим знания о закономерностях изменения напряженности геологической среды в районе СГ-6 и их связи с реологическими свойствами пород, несомненно, позволяют выработать меры по предотвращению последствий их влияния на строительство и эксплуатацию нефтегазодобывающих скважин.

Не менее важны знания о закономерностях изменения напряженности геологических сред для выбора оптимальных технологий воздействия на разрабатываемые залежи нефти и газа при применении различных методов интенсификации притоков (законтурное заводнение, гидроразрыв пластов и т.д.) из коллекторов трещинного и трещинно-кавернозного типов. По данным работы [11] установлено, что при изменении внешнего воздействия на коллектора этого типа при неустановившемся напряжении геологической среды может происходить как раскрытие трещин и, как следствие, повышение их проницаемости, так и их закрытие до полной потери проницаемости в зависимости от направления трещин и силы воздействия на их стенки. Как видно, установление характера влияния внешнего воздействия на установившийся режим напряженности геологической среды, содержащей коллектора трещинного типа, может стать определяющим фактором эффективности процесса

1. Первоочередные прикладные задачи, подлежащие решению на базе Тюменской геологической лаборатории

Задачи	Рекомендуемые методы решения	Наблюдаемые геофизические поля
1. Определение структурно-тектонического пространственного положения основных литотипов пород в районе сверхглубокой скважины	Сейсморазведка МОГТ ЗД Электроразведка ЗСБЗ Каротаж комплекс ГИС	Поле упругих колебаний в сейсмическом диапазоне волн Электрические и электромагнитные поля Электрические, акустические, радиационные и другие поля в прискважинной зоне
2. Установление фациальной принадлежности основных литотипов пород и их распространения в пространстве в районе сверхглубокой скважины	Сейсморазведка МОГТ ЗД Электроразведка ЗСБЗ Каротаж комплекс ГИС Петрофизические исследования керна	Поле упругих колебаний в сейсмическом диапазоне волн Электрические и электромагнитные поля Электрические и акустические поля Радиационные и другие поля в прискважинной зоне
3. Определение местоположения зон трещиноватости пород и их характеристики	Сейсморазведка МОГТ ЗД Метод сейсмического бокового обзора (МСБО) Каротаж комплекс ГИС Петрографические исследования керна	Поле в сейсмическом диапазоне упругих колебаний; рассеянных волн Электрические, акустические, радиационные и другие поля в интервалах, содержащих коллектора в разрезе скважины
4. Изучение проявления продуктивных горизонтов в физических полях, наблюдаемых с помощью наземных геофизических методов	Сейсморазведка МОГТ ЗД Акустическая низкочастотная разведка (АНЧАР) Электроразведка ЧЗ-ВП Высокоточная гравиразведка	Поле упругих колебаний в сейсмическом диапазоне волн Поле упругих колебаний низкой частоты в акустическом диапазоне волн Электромагнитное поле Гравитационное поле
5. Определение динамической напряженности геологической среды в районе скважины в пространстве и во времени, а также ее влияния на основные физико-механические свойства горных пород	Сейсморазведка МОГТ ЗД в комплексе с ВСП и АК по скважине	Поле упругих колебаний в широком диапазоне и связи его параметров с напряженно-деформированным состоянием геологической среды
6. Определение закономерностей изменения трещиноватости геологических сред под воздействием внешних источников напряжений (солнечная активность, землетрясения и др.) во времени	Сейсморазведка МОГТ 4Д; МСБО Скважинные наблюдения: интегральный и дифференциальный сейсмокаротаж, многозондовый, широкополосный акустический каротаж	Поле упругих колебаний в широком диапазоне волн
7. Изучение измерения физико-механических свойств горных пород в пространстве вокруг скважины во времени и их связей с геодинамическим состоянием осадочных отложений	Сейсморазведка МОГТ 4Д; МСБО; ЗСБЗ Скважинные наблюдения: комплекс ГИС; интегральный и дифференциальный сейсмический каротаж; круговой многозондовый акустический каротаж, широкополосный многозондовый акустический каротаж; акустическая шумометрия; термометрия; петрофизические исследования керна при высоких температуре и давлении	Поле упругих колебаний в широком диапазоне волн Электрические, электромагнитные, радиационные, тепловые и др.
8. Наблюдение за проявлением техногенных землетрясений и изучение природы их возникновения*	Сейсмический мониторинг на близко расположенных нефтегазовых месторождениях и полный комплекс геофизических наблюдений в СГ-6	Поле обманных и проходящих сейсмических волн, а также все виды наблюдаемых геофизических полей в скважине
9. Оценка состояния затрубного цементного камня в зоне активного водогазообмена во времени**	Многозондовый широкополосный акустический каротаж; многозондовый круговой акустический каротаж; гамма-каротаж; гамма-гамма-плотностной каротаж; акустическая шумометрия; дифференциальная термометрия; отбор проб флюидов	Поле упругих колебаний в акустическом диапазоне волн; радиационное и тепловое поля
10. Оценка технического состояния обсадных колонн и герметичности затрубного пространства	Скважинная акустическая дефектоскопия, многозондовый широкополосный акустический каротаж; акустическая шумометрия; радиоактивный каротаж	Поле упругих колебаний в акустическом диапазоне волн; радиационные поля
11. Построение реальной 3-мерной геолого-геофизической модели для эталонирования полевой геофизической аппаратуры и оценки геофизических технологий	Методы интегрального информационного анализа и пространственной геометрии	Все виды геофизических, геохимических и геодинамических

* Непременное условие решения этой задачи — создание постоянно действующей сети сейсмологических наблюдений в районе как на близко расположенных нефтегазовых месторождениях, так и непосредственно на СГ-6.

** При наличии перфорации в зоне активного водогазообмена необходимо осуществлять периодический отбор проб флюидов с помощью скважинных пробоотборников типа ОПН.

2. Возможности современных методов ГИС при проведении режимных наблюдений в обсаженных стволах нефтегазовых скважин

Задачи	Скважинные методы	Определяемые параметры
1. Изучение литологии разреза	Гамма-каротаж (ПС); гамма-гамма плотностной каротаж (ГГК-П); нейтронный гамма-каротаж (НГК); импульсный нейтрон-нейтронный интеграционный каротаж (ИННК); импульсный нейтрон-нейтронный спектрометрический каротаж (ИННК-С); многозондовый широкополосный акустический каротаж (АКШ-М)	Глинистость, карбонатность, плотность, пористость, трещиноватость, содержание кислорода (О), водорода (Н) и др.
2. Установление положения отражающих волновых границ раздела в разрезе, а также скоростных характеристик пластов	Дифференциальный сейсмокаротаж (СК); интегральный сейсмокаротаж (ВСП); акустический многозондовый широкополосный каротаж (АКШ-М)	Отражающие границы волн упругих колебаний различного типа (продольные, поперечные, дифрагированные, рефрагированные, волны Лэмба—Стоуни, волны Рэлея и др.)
3. Изучение физико-механических свойств пород в разрезе скважины Группа: а) структурно-(плотностная) б) прочностная в) реологическая	Гамма-каротаж (ГК); гамма-гамма плотностной каротаж (ГГК-П); акустический многозондовый широкополосный каротаж (АКШ-М); нейтронный гамма-каротаж (НГК); нейтрон-нейтронный гамма-каротаж (ННГК); интегральный и дифференциальный сейсмокаротаж (СК и ВСП); высокоточная термометрия (ТК)	Общая пористость, плотность объемная, гранулометрический состав, слоистость и др. Модуль Юнга; коэффициент Пуассона; объемный модуль упругости; модуль сдвига; предел прочности при одноосном сжатии Ползучесть; релаксация напряжений; пластичность; прочность
4. Изучение изменения коллекторских свойств нефтегазосодержащих пластов во времени	Акустический многозондовый широкополосный каротаж (АКШ-М); гамма-гамма плотностной каротаж (ГГК-П); гамма-каротаж (ГК); нейтронный гамма-каротаж (НГК); импульсный нейтрон-нейтронный гамма-каротаж (ИННК)	Пористость; плотность; проницаемость
5. Изучение температурного режима по скважине и в окружающей среде, а также определение теплофизических свойств горных пород	Интегральная и дифференциальная термометрия с точностью не менее $\pm 0,01^\circ\text{C}$	Температура пород и ее изменения во времени; температурный градиент; температуропроводность пород, теплоемкость и др.
6. Изучение технического состояния обсадных колонн и затрубного цементного камня	Многозондовая акустическая дефектоскопия (МАК-Д); круговой многозондовый акустический каротаж (КМАК)	Целостность колонн; толщина металла; состояние сцепления цемента с колонной и породами; плотность цементного камня; изменение конфигурации диаметра колонн во времени и др.
7. Изучение геохимического режима в зонах активного газовообмена (при наличии перфорированных интервалов в зоне коллекторов)	Отбор проб флюидов с помощью пластовых опробователей на кабеле (ОПН)	Минерализация пластовых вод; содержание газовых и минералогических элементов; биохимический анализ

Примечание: пункты: 1—3, а, б выполнимы при условии хорошего сцепления цементного камня с колонной и окружающей породой; 3, в — при наличии аналогичных определений на кернах.

интенсификации притоков нефти и газа при эксплуатации месторождений.

Не менее важное практическое значение имеет изучение техногенных землетрясений, которые непосредственно связаны с состоянием напряженности геологических сред на разрабатываемых месторождениях. Информационный куб данных в районе СГ-6 может быть использован и для решения этой задачи при условии дополнения его сетью постоянно действующих сейсмологических станций на базе малогабаритной сейсмологической аппаратуры типа «Альфа-Геон», которой необходимо охватить нефтегазовые месторождения, находящиеся в эксплуатации в этом районе. Сеть должна представлять собой замкнутый полигон с центральным пунктом наблюдений на СГ-6.

Предлагаемая система наблюдений позволит фиксировать как техногенные землетрясения, возникающие в процессе эксплуатации месторождений, так и удаленные естественные, возникающие в сейсмоактивных регионах, а также устанавливать связь между ними и изменениями

напряженности геологической среды в районе СГ-6. На наш взгляд, нет необходимости в доказательстве практической значимости указанных наблюдений, которые могут дать ключ к выяснению природы техногенных землетрясений, а также разработке методики определения времени их возникновения и энергетических параметров.

Выше приведен далеко не полный перечень примеров решения прикладных задач при наличии данных о напряженности горных пород осадочных отложений. Но даже из него можно видеть практическую значимость реализации этого направления на СГ-6, что позволяет получать большую экономическую отдачу как при поисково-разведочных работах, так и при эксплуатации месторождений нефти и газа.

Не менее важно использование скважинных режимных наблюдений для решения некоторых геолого-геофизических и технических задач. Их перечень определяется условиями проведения исследований — в закрытой трубах части разреза или открытой. Безусловно,

исследования в открытом стволе позволяют решать более широкий круг задач, однако, учитывая, что сохранение открытого ствола скважины на большой глубине длительное время представляет достаточно сложную проблему, режимные наблюдения в СГ-6, на наш взгляд, следует ориентировать на обсаженную часть скважины и подбирать такие методы исследований, которые бы позволяли в максимальной степени исключить влияние обсадных колонн и затрубного цементного камня на результаты измерений. Такие возможности в современной геофизике имеются (табл. 2).

В табл. 2 перечислены главные задачи, которые можно решать по данным режимных наблюдений в обсаженных скважинах. Их интерпретация, безусловно, должна осуществляться в комплексе с данными лабораторных исследований на керне, что позволит обеспечить их высокую достоверность. Приведенный перечень задач может быть значительно расширен, исходя из геологических особенностей вскрытого СГ-6 разреза и доступности ствола для проведения исследований.

Нельзя не остановиться на прикладном значении определения геометрических и физических параметров геологических тел в пределах информационного куба данных. Характерная особенность информационного куба — наличие опорных значений изучаемых параметров геологической среды по оси скважины, количественно определяемых по кернам лабораторным путем и границ пластов по данным различных методов каротажа. Эти условия позволяют создать на СГ-6 реальную объемную геолого-геофизическую модель, пригодную для эталонирования наземных геофизических методов, а также количественной оценки точности и достоверности результатов применяемых технологий. Значение такого объекта в Западной Сибири трудно оценить, т.к. аналогов его не существует.

Весьма важный фактор — периодичность скважинных и наземных наблюдений. На наш взгляд, они должны быть приурочены к периодам максимального и минимального внешнего воздействия на установившееся напряжение геологической среды в районе СГ-6. Это, прежде всего, влияние приливно-отливных явлений за счет положения Луны по отношению к Земле как наиболее мощного источника воздействия на окружающую среду. В этой связи наблюдения на объекте СГ-6 должны быть приурочены к таким фазам положения Луны, как новолуние и полнолуние. Влияние других источников воздействия, таких как активность Солнца и другие могут быть рассмотрены при проведении технического проектирования геолоблатории. Необходимо указать и на необходимость соблюдения условия одновременности проведения скважинных и наземных наблюдений.

Подводя итоги краткому изложению обоснования создания и функционирования геолоблатории на Тюменской сверхглубокой скважине, можно сделать следующие выводы.

1. Создание геолоблатории на базе Тюменской сверхглубокой скважины — научная и производственная необходимость для обеспечения нового уровня изучения осадочных отложений в Западной Сибири и осадочных бассейнов в целом.

2. Геолоблатория на СГ-6 должна быть лабораторией нового типа, коренным образом отличающейся от ранее введенных в строй в России.

3. Учитывая уникальность расположения Тюменской сверхглубокой скважины в нефтегазоперспективном регионе, приоритет использования формируемых ин-

формационных ресурсов должен принадлежать решению прикладных задач нефтегазоперспективной геологии и эксплуатации месторождений нефти и газа.

4. При проведении измерений и наблюдений геофизических и геохимических полей должна применяться самая современная техника и прогрессивные технологии, а также эффективные системы метрологического обеспечения. Для их отбора следует провести специальный конкурс.

5. Технический проект создания геолоблатории на Тюменской СГ-6 должен пройти широкое обсуждение в научных и производственных организациях России, а также на специализирующихся в области геолого-геофизического мониторинга предприятиях.

6. В целях обеспечения длительного функционирования Тюменской геолоблатории для финансирования работ следует привлечь средства субъектов Федерации Тюменской области, нефтегазодобывающих предприятий Западной Сибири, а также всех желающих получать информацию о результатах исследований.

7. Для привлечения инвесторов к реализации проекта «Тюменская сверхглубокая скважина — лаборатория нового типа» целесообразно открыть в Интернете сайт с аналогичным названием, а также разослать ведущим нефтегазовым зарубежным компаниям приглашение принять участие в финансировании работ и совместному использованию получаемой уникальной геолого-геофизической информации.

Хотелось бы верить, что исследования на Тюменской сверхглубокой скважине в режиме пространственно-временного мониторинга займут достойное место в истории развития отечественной науки и техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахияров В.Х., Петросян Л.Г., Шимелевич Ю.С. Об изменении геофизических характеристик верхнего слоя Земли под действием приливных явлений // Вопросы нелинейной геофизики. М., 1981.
2. Ахияров В.Х., Салманов Ф.К., Хафизов Ф.З. Геологические процессы под действием приливного трения // Советская геология. 1988. № 7. С. 62—67.
3. Ахияров В.Х., Салманов Ф.К., Курсин С.В. Изучение деформаций осадочного чехла, возникающих под действием приливного трения // Советская геология. 1990. № 7. С. 71—76.
4. Беляевский Н.А., Федынский В.В. Изучение глубин Земли и сверхглубокое бурение // Советская геология. 1971. № 12. С. 13—21.
5. Будыко Л.В. Об определении проницаемости коллектора по материалам волнового АК // Каротажник. 2000. № 72.
6. Добрынин В.М., Городнов А.В. и др. Опыт применения волнового акустического каротажа для оценки текущей нефтенасыщенности пластов // Каротажник. 2000. № 71.
7. Зайченко В.Ю. Научно-техническое обоснование создания геологических лабораторий на сверхглубоких скважинах // Советская геология. 1992. № 4. С. 3—11.
8. Зайченко В.Ю. Изучение напряженно-деформационного состояния геологических сред геофизическими методами // Геофизика. 2000. № 4.
9. Кольская сверхглубокая скважина. — М.: Недра, 1984.
10. Кузнецов О.Л., Симкин Э.М. Преобразование и взаимодействие геофизических полей в литосфере. — М.: Недра, 1990.
11. Кузнецов О.Л., Курьянов Ю.А., Муслимов В.Х. и др. Пространственно-временное изменение трещиноватости в геосреде по результатам наблюдений методом 4Д СЛБО // Геоинформатика. 2000. № 3.
12. Резанов И.А. Сверхглубокое бурение. — М.: Наука, 1981.
13. Тюменская сверхглубокая скважина. — Пермь: Звезда, 1996.
14. Хитаров Н.И. К вопросу проведения сверхглубокого бурения на территории Советского Союза // Советская геология. 1961. № 6. С. 136—137.

Об основных вопросах эндогенного рудообразования

Е.С.КУЧИН (Пермгеолком)

При всех достижениях в различных отраслях геологической науки решение ее главной практической задачи — обеспечение экономики минеральным сырьем пока не имеет достаточного научного обоснования. Прогнозирование и поиск рудных месторождений остаются искусством, допускают импровизацию, а не базируются на четких представлениях об условиях формирования рудных тел и закономерностях их размещения. Причина такого положения, видимо, в том, что геология продолжает быть наукой описательной и не стала пока наукой объяснительной и прогнозирующей, поскольку у нее нет ядра, которым в других науках являются законы [21], а в геологии могли бы стать всесторонне аргументированные положения об основных геологических процессах и явлениях, которые игнорировать как в научной, так и практической деятельности было бы невозможно.

Пока же каждый геолог в существующей системе геологических знаний может разработать свою гипотезу о генезисе любого месторождения, без особых затруднений и каких-либо ограничений предполагая любые процессы (седиментационные, магматические, метаморфические, тектонические), которые ему для объяснения происхождения рудных тел бывают необходимы, и в соответствии с этим определять методику прогноза и поиска месторождений данного полезного ископаемого.

Как бы ни различались эндогенные рудные месторождения видом минерального сырья, формой рудных тел, глубиной распространения минерализации, вмещающими горными породами и пр., их формирование возможно только при наличии двух основных моментов: источника рудного вещества и тектонических структур, необходимых для размещения рудных тел. Определение источника рудного вещества и установление характера рудовмещающих структур и благоприятных условий для их заложения могли бы стать фундаментом для разработки универсального механизма прогноза и поиска рудных месторождений, что позволит комплексно оценивать подвергаемую исследованиям территорию на все возможные в ее пределах виды рудного минерального сырья и сократит затраты на выполнение прогнозных исследований и проведение геологоразведочных работ.

Однако такая задача никогда перед геологами не ставилась, этого не позволяет делать состояние геологических знаний в области рудообразования, когда представления о процессе формирования рудных тел при казалось бы огромном количестве работ, посвященных этому вопросу, продолжают оставаться на уровне гипотез. Из основных причин, мешающих превращению гипотез о процессе эндогенного рудообразования в теорию и созданию универсального механизма прогноза и поиска рудных месторождений, можно выделить следующие.

1. Нерешенность основных вопросов рудообразования и геологической науки в целом. К дискуссионным относятся: источник энергии эндогенных процессов, образование интрузивных горных пород, источник рудного вещества, взаимоотношения между рудными телами и метасоматически измененными вмещающими горными породами и др.

2. Отсутствие истинного представления о происхождении рудных тел, их положении в пространстве в момент формирования, основных факторах, определивших их размещение. По этой причине оказалось не столь эффективным внедрение в практику геологоразведочных

работ геофизических, геохимических и аэрофотогеологических методов. Из-за этого продолжает существовать и не находит решения проблема обнаружения слепых, никогда не имевших выхода на земную поверхность рудных месторождений. Наиболее часто предлагаемый способ поиска таких образований — комплексное применение всех геологических и негеологических методов в надежде, что таким образом задача решится как бы сама собой.

3. Пренебрежение элементарной логикой при построении концепций, касающихся рудообразования, когда высказанное предположение без достаточной аргументации принимается за истину, и на нем строятся новые предположения, отчего представления об условиях формирования рудных тел и закономерностях их размещения становятся все менее достоверными.

4. Легкость, с которой вводятся новые понятия и даются объяснения многим геологическим явлениям и процессам только с одной целью, чтобы не подвергать сомнению утвердившиеся представления о природе образования рудных тел даже в тех случаях, когда фактический материал не укладывается в существующие схемы. Установление тесной связи состава рудных тел с составом вмещающих пород побудило ученых выделить жилы альпийского типа. Обнаружение на отдельных месторождениях признаков, позволяющих относить их одновременно к разным генетическим типам, дало повод говорить о явлении конвергенции [20]. Открытие коренных месторождений золота, несколько отличающихся от типичных золоторудных образований, привело к выделению нового типа месторождений [22]. Объяснения, даваемые без глубокого анализа сути необычных, на первый взгляд, явлений, не всегда бывают безобидными. Например, введение понятия *ископаемая россыль* затянуло решение проблемы первоисточников уральских алмазных россыпей на 30 лет и более.

5. Глубокая специализация в геологии месторождений полезных ископаемых. Разработка для каждого полезного ископаемого своих критериев прогноза [9] бесперспективна, необходимый эффект может быть получен только выявлением общих закономерностей для всех рудных образований, и такие попытки делаются [15, 16]. Большой ошибкой было выделение геологии нефтяных месторождений в отдельную науку.

6. Утверждаемая множественность путей формирования эндогенных рудных образований со сложной генетической классификацией месторождений, основанной на процессах, существование которых всего лишь предполагается.

7. Неопределенность, которая возникает, если придерживаться укоренившихся представлений о формировании рудных тел на значительных глубинах и появлении их на поверхности только в результате эрозионно-денудационной деятельности. При таких взглядах выходы рудных тел с одинаковой вероятностью можно ожидать на любом участке складчатой зоны, что делает невозможным вообще какой-либо прогноз.

8. Большое внимание, уделяемое описаниям процессов, якобы происходивших и происходящих в недрах Земли и направленных на формирование горных пород и руд. Основанные только на предположениях и в какой-то степени на экспериментальных данных, они никак не влияют на решение конкретных задач поиска и оценки месторождений полезных ископаемых и лишь занимают

время исследователей. Многие и многие страницы работ о проблемах рудообразования посвящены этим процессам [3, 8, 15]. В то же время общепризнанные закономерности не конкретизируются. Например, не может быть рудных образований без определенных тектонических структур, но по-прежнему не установлено, какие это структуры и можно ли их выявлять на местности и тем самым ускорить обнаружение рудных тел и месторождений. Исключение составляет использование при поисках нефтяных залежей известной их приуроченности к антиклинальным поднятиям.

9. Детальное рассмотрение физико-химических и термодинамических условий предполагаемых процессов, в результате которых будто бы формируются интрузивные горные породы и руды. Во-первых, отсутствует возможность прямых определений, при каких, например, температуре и давлении произошло рудообразование в природе. Во-вторых, эти и другие знания, касающиеся конкретной обстановки формирования рудных тел, если даже они появятся, не будут востребованы, поскольку создание искусственных месторождений полезных ископаемых в ближайшем будущем не предвидится. Трудно сказать, каким образом представление об опережающей волне кислотности, высказанное Д.С.Коржинским, может помочь в обнаружении рудных месторождений. Условия, создаваемые в лабораториях для искусственного выращивания некоторых минералов, существенно отличаются от природных в первую очередь в силу скоротечности воспроизводимых процессов.

10. Увлечение лабораторными исследованиями, зачастую требующими точных и очень дорогих анализов, с помощью которых можно определить наличие того или иного элемента или минерала, их содержание и форму нахождения. Но результаты анализов не содержат информации, однозначно решающей проблему генезиса или иные принципиальные вопросы, все определяется их интерпретацией, которая зависит от мировоззрения исследователя. Одни и те же результаты могут быть использованы для аргументации противоположных точек зрения, и потому ценность лабораторных исследований относительна.

Основной путь решения проблем лежит через дальнейшее осмысление имеющегося фактического материала, аргументированное его объяснение только с позиций очевидности, а также через критический анализ всех сложившихся представлений об эндогенных процессах, определяющих рудообразование.

Приведем несколько примеров иной интерпретации фактического материала. Кварцевые жилы хрустальной провинции Приполярного Урала по отношению к сланцеватости вмещающих метаморфических и магматических пород разделены на согласные и секущие, что имеет практическое значение: согласные кварцевые тела не содержат полостей с кристаллами горного хрусталя. Причина их нехрусталенности обычно не рассматривалась или объяснялась быстрой (спонтанной) кристаллизацией кварца из наиболее ранних порций гидротермальных растворов, богатых кремнеземом [6], но явно заключается в условиях формирования. Секущие кварцевые жилы и жильные узлы кристаллизовались в условиях растяжения вмещающей среды, что и обеспечило наличие свободного пространства для роста кристаллов горного хрусталя. Согласные кварцевые жилы формировались в условиях сжатия, при дефиците свободного пространства, которого не хватало даже для самого кварцевого тела, зачастую лишь частично размещенного в горных породах, а в основном возвышающегося над ними в виде останца. Наличие таких выходов согласных кварцевых жил обычно объясняется большей устойчивостью жильного кварца к процессам

выветривания по сравнению с вмещающими породами, что неверно, т.к. останцы секущих кварцевых жил, в каких бы породах они ни залегали, на Приполярном Урале отмечены не были. Согласные кварцевые жилы — результат мобилизации (выжимания) кремнезема из вмещающих пород и его кристаллизации на поверхности. Условиями сжатия диктовалась и простая линзовидная или плитовидная форма согласных кварцевых жил. Кроме того, согласные кварцевые жилы не имеют продолжения на глубину, что установлено буровыми работами, проводившимися для оценки запасов жильного кварца на участках их концентрированного размещения. Кристаллизация кварца на земной поверхности свидетельствует о том, что *в период формирования кварцевых жил (рудных тел) P-T (давление и температура) условия на поверхности нашей планеты, по крайней мере в складчатых зонах, были иными, чем ныне существующие.*

Представление о магматическом мантийном происхождении кимберлитовых трубок взрыва в какой-то мере основано на том факте, что с глубиной трубки постепенно вырождаются в дайки [14]. Глубина такого перехода не одинакова для разных диаметров. Так, трубка Кимберли становится дайкой на глубине 1073 м, Святого Августина 244 м, Дебиса 732 м. Элементарная логика подсказывает, что если на такой относительно незначительной глубине крупное тело выклинилось до маломощной дайки, то и дайка не будет продолжаться на десятки километров до мантии, а выкинится на последующих десятках метров. То есть кимберлитовые диаметры не имеют приписываемого им мантийного источника, а являются приповерхностными образованиями. *Разгадку происхождения так называемых трубок взрыва надо искать в составе горных пород, слагающих данную территорию, и в тектонических структурах.*

Доказательством существенного воздействия экзогенных процессов на расчлененность рельефа для многих геологов служит формирование речных долин. Будто бы реки врезаются в горные породы, размывают их, все больше углубляются и таким образом формируют долины и водоразделы, а свидетельством эрозионной деятельности водного потока являются террасы по бортам долин. Специалистам, занимающимся изучением речных террас известно, что одноименные террасы невозможно проследить по всему течению реки. На одном участке борта долины, например, могут наблюдаться четыре террасы, на следующем три, а еще дальше — пять. Такое явление можно объяснить тем, что не реки врезаются в земную поверхность, а участки земной поверхности испытывают вертикальные движения. Поскольку каждый участок живет своей тектонической жизнью, различается и число террас. Полностью отрицать эрозионную роль водного потока нельзя, но *основной фактор формирования рельефа — тектонический.*

Один из общих геологических вопросов, правильное решение которого очень важно для понимания процесса рудообразования, — вопрос об источнике энергии. Зная источник энергии и формы проявления последней, можно предвидеть результаты ее воздействия на геологическую среду, а также судить о реальности тех или иных предполагаемых эндогенных процессов.

Об источнике энергии эндогенных процессов. Если попытаться оценить все основные источники энергии эндогенных процессов, которые предполагаются учеными [7] — космическую (воздействие на материю Земли космических тел); радиогенную, образующуюся при распаде тяжелых неустойчивых элементов; ротационную (вращение Земли вокруг своей оси) и гравитационную энергию (потенциальную силу тяжести), то получится следующее. Величина космической энергии —

притяжение Луны и Солнца, создающее приливы в коре и мантии, — вряд ли достаточна, чтобы воздвигать на поверхности Земли горные сооружения, вызывать вулканическую деятельность и землетрясения.

Значение тепловой энергии, выделяющейся при распаде радиоактивных элементов, сильно преувеличено, поскольку они в земной толще находятся в рассеянном состоянии. Даже на месторождениях урана при наличии концентрированного размещения радиоактивных минералов вмещающие породы находятся не в виде расплава.

Наиболее реальные источники энергии эндогенных процессов — вращение Земли вокруг своей оси (ротационная энергия) и энергия силы тяжести. Ротационной энергии отводилась главная роль при создании Тейлором и Вегенером гипотезы мобилизма. Наглядным доказательством влияния этих энергий на геологические процессы, происходящие на нашей планете, служит закономерная ориентировка горных систем в основном в двух направлениях: меридиональном и широтном с тяготением к зоне экватора. Меридиональные горные системы сформировались в результате перемещения вещества земной коры преимущественно в западном направлении под влиянием вращения Земли и энергии силы тяжести. Широтные горные сооружения образовались при перемещении верхних слоев земного вещества, в основном, от полюсов к экватору под влиянием центробежных сил и той же энергии силы тяжести. Примерно такую же ориентировку в двух направлениях имеют и срединные океанические хребты и даже материка. Формирование конкретных форм рельефа земной поверхности — результат смещения вещества земной коры как в западном направлении, так и в сторону экватора.

Бесконечно перемещаться верхние слои земной коры не могут, смещение масс приостанавливается сопротивлением жестких блоков, поэтому снижение тектонической деятельности с течением времени в развитии Земли не является кажущимся. На одних участках это смещение прекратилось раньше, на других позже, что, видимо, и привело ученых к выводу о существовании в истории Земли нескольких орогенических циклов. Поскольку наложения складчатых структур разных циклов одних на другие не наблюдается, то о какой-либо периодичности не может быть и речи. При ротационном источнике энергии выделение в развитии геосинклинальных систем двух этапов — общего погружения и орогенного — выглядит слабо обоснованным. Вероятно, был только орогенный этап, т.к. предполагаемому общему погружению объяснение найти трудно.

Связь вулканизма с активной тектонической деятельностью самая прямая (77% действующих вулканов приурочены к переходной зоне тихоокеанского типа), поэтому можно предположить, что источником тепловой энергии, необходимой для создания расплава, также служат тектонические движения. Извержения вулканов можно объяснить тем, что под влиянием центробежных сил расплавленные породы (магма) периодически выталкиваются по ранее созданным каналам на поверхность Земли. С затуханием тектонической деятельности на материках, их стабилизацией, вероятно, связано прекращение площадных излияний лавы.

Таким образом, *ротационная энергия и энергия силы тяжести — причина тектонических движений. Все остальные процессы — метаморфизм горных пород, вулканическая деятельность, площадные излияния лавы, формирование месторождений полезных ископаемых — следствие тектонических движений.* На необходимость отойти от суждений, увязывающих степень метаморфизма горных пород с глубиной, указывал В.М.Гольдшмидт [7].

Предполагаемое внедрение в складчатые зоны, представлявшие участки наибольших тектонических напряжений, огромных масс магматического материала, т.е. образование так называемых интрузивных пород, не бесспорно.

Интрузивных пород нет — есть породы метаморфические. В отличие от обоснованных представлений о формировании вулканогенных пород, подтверждаемых наличием современных вулканов с их извержениями пепла, лапиллей, бомб и излияниями лавы, существование интрузивных пород, предположительно образовавшихся в результате внедрения магматического расплава в толщу земной коры, аргументируется очень слабо. Перемещения огромных масс расплавленного вещества в условиях высоких давлений при полном отсутствии свободного пространства представляются маловероятными.

Есть основания сомневаться в магматическом происхождении пород, относимых к интрузивным, поскольку никакого внедрения, вероятно, не было. В пользу такой точки зрения свидетельствуют следующие всем известные особенности размещения интрузивных массивов и их форм залегания.

1. Массивы интрузивных пород сосредоточены только в складчатых зонах, причем в их центральных частях, к периферии складчатых зон, где интенсивность дислокаций снижается, исчезают и интрузивные породы.

2. Интрузивные породы обычно обнажены в ядерных частях локальных положительных структур (поднятий), их нет в прогибах; такой ярко выраженный тектонический контроль местного значения при глубинном источнике магматитов объяснить невозможно.

3. Интрузивные породы залегают только среди глубоко метаморфизованных пород, их нет в менее метаморфизованных отложениях краевых частей складчатых зон и в осадочном чехле платформ.

4. Интрузивные породы часто имеют постепенные переходы и одинаковый минеральный состав с вмещающими метаморфическими и отличаются от последних только массивной текстурой, которая указывает на кристаллизацию в условиях растяжения (ядерные части поднятий — участки наибольшего тектонического разуплотнения), когда рост минеральных зерен одинаково возможен во всех направлениях; сланцеватая текстура метаморфических пород — результат перекристаллизации в условиях сжатия. Сходство минерального состава выражено не только в породообразующих минералах, но и аксессуарах: на Урале мелкие алмазы встречены и в метаморфических, и в интрузивных породах, что свидетельствует о едином источнике первичного материала.

5. Часто наблюдаемые пластовая и пластообразная формы интрузивных тел, вероятно, отражают залегание осадочных толщ, за счет которых они образовались, питающие каналы при этом только предполагаются [17].

6. Наличие бескорневых интрузий типа факолитов трудно объяснимо с магматической точки зрения.

Таким образом, *интрузивные породы отличаются от метаморфических лишь текстурой и являются теми же метаморфическими, образовавшимися из первично-осадочного материала в пределах складчатых зон в условиях относительного растяжения.* Петрографическое разнообразие интрузивных пород объясняется не типом магмы, не процессами дифференциации, ассимиляции и контаминации, а обусловлено разнообразием минерального состава осадочных пород, подвергшихся изменениям, с характерными для них фациальными замещениями в плане и разрезе и бесконечно возможными вариантами *P-T* условий метаморфических процессов. Идея о метаморфическом происхождении интрузивных пород не

нова, трансформисты гранитообразование тоже объясняют процессами регионального метаморфизма [5].

Данная гипотеза происхождения интрузивных пород снимает ряд ранее не решавшихся или решавшихся неубедительно проблем: пространства; путей продвижения расплавов и растворов через многокилометровые толщи пород из магматического очага; главного типа магмы и дальнейших ее преобразований.

Жильные породы вследствие малых размеров тем более не могли иметь непосредственной связи с магматическим очагом. Они формировались в более поздний период, когда в метаморфических и магматических породах при благоприятной тектонической обстановке образовавшиеся трещины заполнялись материалом, заимствованным из этих же пород. Состав жильных образований не столь полиминерален, как вмещающих пород, в их формировании много общего с таковым рудных тел.

Вопрос о происхождении так называемых интрузивных пород не был бы столь актуален, если бы непосредственно с ними или с магматическим очагом, из которого будто бы в виде расплава будущие интрузивные породы двигались вверх, не связывалось формирование месторождений многих полезных ископаемых, если бы непосредственно с ними или с магматическим очагом, из которого будто бы в виде расплава будущие интрузивные породы двигались вверх, не связывалось формирование месторождений многих полезных ископаемых, если бы магматическому очагу не отводилась роль источника рудного вещества при формировании эндогенных рудных образований.

Об источнике рудного вещества при формировании эндогенных месторождений полезных ископаемых. Обще-признанным источником рудного вещества и одновременно рудообразующих растворов считается гранитная магма [15]. Однако доводы, приводимые в обоснование такого представления [8], или не очевидны, или одинаково могут свидетельствовать в пользу предположения, что источником рудного вещества служили вмещающие горные породы. Сторонников последней точки зрения значительно меньше. К ним относятся основоположники латераль-секреционной гипотезы рудообразования, которые считали, что руды гидротермальных месторождений образуются в результате извлечения рудных компонентов из вмещающих пород. Н.Г.Судовиков [18], предполагая, что гидротермальное рудообразование проходит при региональном метаморфизме, также приводит доводы в пользу представления о том, что источником рудного вещества следует считать метаморфизируемые горные породы. Л.Н.Овчинников [15] отмечал, что местная мобилизация рудного вещества из геологических формаций, непосредственно вмещающих рудные тела, распространена достаточно широко.

Всеми признается, что при формировании гидротермальных месторождений горного хрусталя все компоненты заимствованы из вмещающих пород [8]. Несмотря на то, что этому явлению найдено объяснение, и хрусталеносные кварцевые жилы отнесены к альпийскому типу, есть основания предполагать, что у природы нет такого разнообразия процессов рудообразования, и *вмещающие породы — универсальный источник рудного вещества при формировании всех эндогенных месторождений.* В доказательство можно привести некоторые общеизвестные факты и логические выводы.

1. Эндогенные месторождения полезных ископаемых размещены не только в магматических породах. Известно много примеров, где пространственная связь оруденения с гранитными интрузиями не обнаружена и ее нельзя даже предполагать [18].

2. Месторождения определенного полезного ископаемого распространены на территориях, регионально зараженных данным рудным веществом, в геохимически специализированных геологических комплексах [19].

3. Вокруг рудных тел наблюдаются мощные зоны метасоматически измененных пород, интенсивность обработки которых убывает во все стороны от рудных тел.

4. Магмы, вырвавшиеся на поверхность, т.е. лавы руд металлов не образуют [3], поэтому можно предполагать, что в магматическом очаге нет условий для концентрации рудного вещества, которое постоянно или порциями подавалось бы по рудоподводящим каналам в верхние горизонты земной коры.

5. Рудоподводящие каналы, необходимые для транспортировки рудного вещества из магматического очага, расположенного на многокилометровой глубине, на хорошо изученных месторождениях не обнаружены [1].

6. Признаваемая многими геологами приуроченность оруденения к локальным положительным структурам становится труднообъяснимой, если предполагать магматический источник рудного вещества. Точное «попадание» рудного вещества, двигавшегося с огромных глубин и не рассеявшегося в гигантском объеме пронизываемых пород, в сравнительно небольшие по размерам структуры выглядит нереальным.

Кроме того, представление о магматическом источнике рудного вещества не способно объяснить, почему наиболее мощные части рудных тел расположены ближе к земной поверхности, а с глубиной происходит их закономерное выклинивание, хотя по логике должно быть увеличение мощностей в сторону источника рудного вещества.

Следует различать источник рудного вещества для формирования рудных тел, чем являются вмещающие горные породы независимо от генезиса, и происхождение рудного вещества и в целом материала, из которого образовались горные породы. Рудные минералы имеют космическое происхождение. В виде космической пыли они наравне с другим материалом участвовали в формировании нашей планеты и в рассеянном состоянии находились в образовавшихся горных породах до тех пор, пока не создалась благоприятная тектоническая обстановка для их концентрации в виде рудных тел. В связи с этим всего лишь красивым вымыслом выглядит, например, предположение об образовании алмазов в верхней мантии и транспортировке их к поверхности Земли расплавами кимберлит-лампроитового состава.

Определяющая роль в процессе рудообразования принадлежит тектоническим структурам, в монолитных, ненарушенных породах процесс не начнется и без влияния тектонических напряжений протекать не будет. Л.Н.Овчинников отмечал, что в основе большинства месторождений, носящих эпигенетический характер, лежит элементарная трещина [15]. Однако утвердившиеся представления о рудообразовании не абсолютизируют значение тектоники в этом процессе и дифференцируют ее роль в зависимости от предполагаемого генезиса рудных тел. В.Н.Котляр, например, писал, что при образовании раннемагматических месторождений разрывные нарушения и трещины в интрузивах для концентрации руд не имеют существенного значения, и отмечал якобы слабое развитие разломов и трещин разрыва при формировании метаморфических месторождений [8].

О тектонических структурах, определивших формирование и размещение эндогенных месторождений полезных ископаемых. Залегание горных пород осложнено складчатыми и разрывными структурами, которые сыграли важную роль в формировании и размещении эндогенных месторождений. Однако известно, что далеко

не везде, где проявилась складчатая и разрывная тектоника, произошла и концентрация рудного вещества.

При поисках месторождений горного хрусталя на Приполярном Урале установлена приуроченность кварцевой минерализации к положительным формам рельефа — поднятиям. Но не все поднятия рудоносны. Как удалось выяснить, хрусталеносные кварцевые жилы размещены только там, где залегание горных пород локально осложнено предыдущими тектоническими дислокациями. В качестве осложнений чаще всего выступают флексурные изгибы. Последние выражены в изменениях угла падения пород от крутого до пологого и горизонтального. Наиболее ярко это проявилось на площади крупного месторождения, расположенного в кварцитах. Горизонтальное залегание кварцитов плит при общем сравнительно крутом северо-западном падении не находило должного объяснения, хотя отмечено было давно при проведении специализированной крупномасштабной геологической съемки. Связь хрусталеносной минерализации с этим явлением также была не ясна.

Выявлять флексурные изгибы очень сложно. Обнаружено единственное хрусталепоказание, на котором флексурный изгиб с приуроченной к нему кварцевой минерализацией хорошо обнажен в поперечном сечении в стенке кара. На плохо обнаженных территориях закартировать флексурные изгибы практически невозможно.

Флексурные изгибы — всего лишь благоприятные участки, где под воздействием последующих тектонических напряжений формировались зоны разуплотнения с зияющими трещинами, в которых создавались условия, необходимые для движения растворов, извлечения рудного вещества, его перемещения и рудоотложения. Размеры участков разуплотненных пород зависят от размеров и амплитуды флексурообразных структур, а также мощности горизонта пород, подвергшихся разуплотнению, и их физико-механических свойств. Они не имеют четких границ, переходы к ненарушенным породам постепенные. Эти разрывные структуры не приводят к смещению геологических границ, они не выделяются ни на аэрофотоснимках, ни на местности и могут быть выявлены только после обнаружения самих рудных тел или метасоматически измененных пород. Пока нет данных о том, как зоны разуплотнения отражаются в физических полях, вполне возможно, что в их выявлении существенную помощь могут оказать геофизические методы.

Принято различать разрывные структуры по их роли в рудообразовании. Зоны разуплотнения одновременно выступают как рудогенерирующие, рудо локализирующие, рудоподводящие и рудовмещающие, потому что каких-то других разрывных структур, оказавших влияние на процесс образования рудных тел, просто нет.

Рудные образования, приуроченные к соседним флексурным изгибам, структурно между собой не связаны. Предположение о единой тектонической зоне в тех случаях, когда месторождения и рудопроявления в плане укладываются в одну линию, ошибочно и часто приводит к необоснованным затратам, если геолого-разведочные работы бездумно проводятся на всем протяжении этой предполагаемой зоны.

Местоположение рудоконтролирующих разрывных структур может определяться литологическими границами, но опять же только в тех случаях, когда поверхность контакта представлена не ровной плоскостью, а осложнена теми же флексурными изгибами. При этом открытая трещиноватость развивается в более массивных и хрупких породах и интенсивно проявляется лишь на участках осложненного залегания контакта. К интервалам

контакта с ровной поверхностью приурочены пустые в отношении рудной минерализации блоки.

Закономерную связь нефтяных месторождений с рифами, вероятно, можно объяснить тем, что рифовые постройки при формировании осадочного чехла платформ осложнили залегание перекрывающих толщ, что при дальнейших тектонических подвижках привело к образованию на участках флексурных изгибов зон разуплотнения, благоприятных для нефтеобразования и нефтенакопления.

Очевидный факт приуроченности эндогенных месторождений к разрывным структурам был положен в основу использования результатов дешифрирования аэрофотоснимков. Однако широкое внедрение этого метода к обвальному открытию новых месторождений не привело. Оказалось, что хорошо дешифрируемые на аэрофотоснимках и прослеживаемые на местности разрывные нарушения к размещению рудных тел никакого отношения не имеют.

Рудообразование возможно и в условиях сжатия, но при этом рудные тела образуются небольших размеров и не имеют распространения на глубину. Примером может служить вышеописанное формирование согласных кварцевых жил. Подобному процессу обязаны своим образованием галькоподобные выделения хромитов во вмещающих Сарановское хромитовое месторождение породах верхневильевской подсыты, объясняемые некоторыми исследователями как продукт разрушения рудных тел, что выглядит абсурдным, потому что предполагает существование гипербазитового массива и хромитовых руд до образования вмещающих пород.

О процессе рудообразования. Если считать вмещающие породы универсальным источником рудного вещества, то процесс формирования рудных тел видится как мобилизация рассеянного рудного вещества из разуплотненных вмещающих горных пород, перенос и отложение его в открытых трещинах или метасоматическое замещение и цементация рудным веществом этих же разуплотненных пород. Таким образом, можно выделить две формы нахождения рудного вещества в природе: в рассеянном состоянии в составе осадочных, магматических и метаморфических пород и в виде рудных тел. *Переход рудного вещества от рассеянного состояния к концентрированному, т.е. его перераспределение в некотором ограниченном объеме разуплотненных пород и составляет суть процесса рудообразования.* На это указывал и Л.Н.Овчинников [15]: образование всякого рудного месторождения — переход от рассеяния к концентрации.

Рудообразование — не есть образование рудных минералов, а лишь перераспределение внутри горных пород уже существующего минерального вещества. *Процесс формирования рудных тел идет не на элементарном уровне, а на минеральном.* Когда сторонники латераль-секреционной гипотезы гидротермального оруденения в доказательство своих представлений о вмещающих породах как источнике рудного вещества приводят факт присутствия в породообразующих минералах многих металлов, принимающих участие в рудах гидротермальных месторождений, они заблуждаются. Для образования хромитовых залежей необходимо, чтобы в составе вмещающих гипербазитов были хромшпинелиды (в дунитах их содержание около 3%), для формирования медных руд нужно присутствие минералов меди, для появления алмазов промышленной крупности требуется наличие во вмещающих породах мелких алмазов, поскольку широкое распространение углерода в составе пород и минералов не привело к столь же широкому развитию алмазных месторождений. *Отмечая связь рудных образований с теми или иными горными породами, следует*

говорить не о геохимической, а о минералогической специализации геологических комплексов.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что искусственное выращивание любых минералов возможно только в случае использования в качестве шихты того же минерала, что и выращиваемый кристалл. Известно, что при синтезе в автоклавах кристаллов горного хрусталя шихтой служат те же кристаллы горного хрусталя (плавочное сырье) и кристаллический жильный кварц. На этом основании для выращивания крупных алмазов в качестве шихты можно рекомендовать мелкие алмазы. Получение алмаза из углерода (графита) с помощью взрыва, вероятно, имело место в космосе в процессе формирования вселенной. В земных условиях при благоприятной тектонической обстановке происходит рост минеральных зерен с использованием подобного их состава материала, а когда минеральные зерна одного состава образуют крупные скопления — это уже рудные тела. Свидетельство образования кристаллов алмаза в процессе роста — наличие во всех кристаллах невидимого или визуально различимого центрального зародыша [2].

Процесс рудообразования с извлечением рудного вещества из тектонически разуплотненных вмещающих пород естественным образом объясняет происхождение метасоматитов. Метасоматическое изменение горных пород непосредственно связано с процессом рудообразования и происходит одновременно с ним. Более того, не метасоматическое преобразование пород является результатом процесса рудообразования, а *рудные тела — продукт метасоматической переработки тектонически нарушенных горных пород*.

При метасоматозе, очевидно, огромную роль играет сила тяжести. Например, на месторождении горного хрусталя, где вмещающими породами являются слюдяные кварциты, при метасоматической переработке последних сформировались кварцево-жильные тела, которые «подстилаются» серицитолитами вертикальной мощностью до 11 м, состоящими из серицита, рутила, монацита, т.е. тех минералов, которые вместе с кварцем входили в состав кварцитов. Такую вертикальную зональность можно объяснить различием в объемной массе минеральных образований: жильный кварц имеет объемную массу порядка $2,6 \text{ т/м}^3$, а серицитолиты $3,4 \text{ т/м}^3$. Скопления монацита создают заметно более высокий радиоактивный фон серицитолитов.

Есть основания предполагать, что кимберлитовые диатремы — также результат метасоматических изменений тектонически разуплотненных горных пород, и дайки, в которые с глубиной вырождаются трубки взрыва, также могут представлять всего лишь более тяжелые минеральные образования, чем основная масса кимберлитового тела. Структура и текстура дайковых пород отражают те термодинамические условия, которые существовали на выклинивании тектонической зоны по падению в период их формирования.

Л.Н.Овчинников называл околорудные метасоматиты одним из важнейших критериев оруденения и указывал, что рудообразование всегда сопровождается метасоматическим преобразованием силикатных пород, захватывающим весьма большие их объемы [15].

Принимая вмещающие породы за источник рудного вещества, можно решить вопрос о происхождении нефти. Мы не располагаем информацией, сопоставлялся ли когда-нибудь вещественный состав пород, непосредственно вмещающих нефтяную залежь, с составом аналогичных пород на некотором удалении от нее. По различиям в составе можно было бы говорить о том, за счет чего могли образоваться углеводороды.

Существуют и иные точки зрения на происхождение метасоматитов и их роль в рудообразовании. Например,

Ф.И.Вольфсон и Е.М.Некрасов [3] считали, что метасоматиты образуются из неметаллоносных ранних растворов и газов задолго до оруденения или непосредственно перед процессами отложения руд и лишь сравнительно редко сопутствуют этому процессу; что гидротермально измененные породы всего лишь более благоприятны для оруденения в силу большей пористости, проницаемости и подверженности тектоническим деформациям. В.В.Донских частые случаи обнаружения эпимагматических руд в наиболее мощных зонах околотрещинного метасоматоза объясняет лишь совпадением преимущественных условий локализации дорудного метасоматоза и рудоотложения [13].

Существуют ли слепые месторождения? Предполагаемое наличие множества слепых эндогенных месторождений — одно из основных положений общепринятой теории рудообразования. Считается, что резерв месторождений, еще не вскрытых эрозией, намного превосходит количество месторождений, выходящих на земную поверхность [8]. Само существование слепых месторождений не ставится под сомнение, не высказывается сомнений и в принципиальной возможности их формирования. Основной аргумент для утверждения, что формирование рудных тел проходило на глубине, — необходимость высоких температуры и давления при кристаллизации руд. При этом без каких-либо оснований заведомо предполагается, что в тот период на земной поверхности существовали условия, аналогичные современным.

В литературе [19] приведены примеры выявления скрытых месторождений. Но по этой информации трудно судить, о каких рудных образованиях идет речь — о собственно слепых или перекрытых [5], существует ли какая-то универсальная методика их обнаружения или это сугубо индивидуальные случаи, а также не ясна роль геологической науки в решении проблемы. Настоятельно рекомендуется не жалеть объемов поискового и поисково-разведочного бурения для выявления и предварительной оценки скрытых месторождений. Если перспективы скрытого оруденения на той или иной площади действительно определены и существует ясное представление о его геологическом положении, то проверка прогноза должна выполняться единичными скважинами с заранее определенными направлением и глубиной.

При изучении месторождений горного хрусталя на Приполярном Урале отмечена наглядная приуроченность кварцевожилых тел к самой приповерхностной части земной коры, мощность которой ограничивается первыми десятками, очень редко (на самых крупных месторождениях) одной-двумя сотнями метров, с непременным выходом на поверхность, что вряд ли можно объяснить столь постоянно удачным эрозионно-денудационным срезом. Попытки с помощью буровых скважин с поверхности и из подземных выработок обнаружить новые более глубоко залегающие, изолированные от поверхности кварцевые жилы к успеху не приводят.

Такое залегание кварцевых жил определяется их формированием в приповерхностных условиях. На связь с поверхностью указывает форма кварцевожилых тел. Кварцевые жилы выполнения в поперечном сечении имеют форму клиньев с верхней наиболее мощной частью и утонением по падению, что отражает большее раскрытие трещин у поверхности и выклинивание их с глубиной. Аналогичным образом ведут себя кварцевые жилы замещения: наиболее мощные их части залегают близ поверхности, т.е. там, где породы максимально нарушены и существует возможность для движения растворов и замещения вмещающих пород жильным кварцем, с глубиной же они ветвятся или тупо выклиниваются. И это

относится не только к кварцевым жилам. На многочисленных разрезах, приводимых в литературе по геологии месторождений полезных ископаемых и методике разведки, мы видим аналогичную картину. Такую своеобразную форму рудные тела не могли приобрести, если бы их кристаллизация проходила на большой глубине, где различия в степени тектонического разуплотнения пород при вообще сомнительной возможности образования зияющих трещин не могли быть столь значительными на протяжении одного рудного тела.

Причина неперенной связи эндогенных месторождений с поверхностью видится в том, что формирование разрывных рудовмещающих структур с открытой трещиноватостью возможно только в приповерхностном слое земной коры, при этом образовавшиеся трещины обязательно имеют связь с поверхностью. Рудные тела, выполняя трещины, также выходят на поверхность. То есть само *формирование слепых эндогенных месторождений в принципе невозможно*. О том, что в приповерхностной части земной коры могли существовать и существовали *P-T* условия, необходимые для кристаллизации руд, говорилось выше.

Объективная оценка результатов поисково-разведочных работ, проводимых для обнаружения скрытого медноколчеданного оруденения в пределах Оренбургского Урала, показала тщетность этих попыток. Все вновь обнаруженные месторождения имеют выход на уровень эрозионного среза пород палеозоя и перекрыты осадочным чехлом мощностью всего лишь первые десятки метров. А в некоторых случаях лимонит из железной шляпы месторождений обнаруживался непосредственно при геологической съемке в делювиальных развалах, что служило основанием для развертывания на этих участках поисковых работ [10].

Наличие перекрытых рудных месторождений можно предполагать под осадочным чехлом в кристаллическом фундаменте платформ. Факт залегания осадочного чехла, представленного неметаморфизованными слабо дислоцированными горными породами, на интенсивно дислоцированных и метаморфизованных кристаллических породах фундамента свидетельствует о значительном перерыве в формировании верхних горизонтов земной коры и больших изменениях, происшедших за время перерыва в тектоническом и температурном режимах. Этот перерыв и постепенное снижение тектонической активности (переход бывшей складчатой зоны в жесткий блок) создали благоприятные условия для формирования рудных тел. Примером может служить образование богатых скоплений магнетитовых руд в железистых кварцитах докембрия. В дальнейшем породы осадочного чехла перекрыли уже существующие рудные тела, до этого также имевшие непосредственные выходы на поверхность.

Такие резкие различия между перекрывающими и подстилающими породами мы видим только на платформах. В складчатых областях наблюдается постепенное снижение дислоцированности и метаморфизма пород от центральных частей к периферии; перерыва в формировании верхних горизонтов земной коры с изменением тектонического и температурного режимов в пределах складчатых областей не было, т.е. условий для образования перекрытых месторождений здесь не существовало.

Необходимо признать правоту тех ученых, которые считают, что все гидротермальное оруденение приурочено лишь к самой поздней заключительной геологической стадии развития той или иной складчатой зоны. Для кристаллизации рудных тел необходимы стабильные тектонические условия.

Сохранность месторождений, образовавшихся близ земной поверхности, свидетельствует о чисто космо-

тической роли процессов выветривания, эрозии и денудации в формировании рельефа и о его тектонической природе; последнее для многих мега- и макроформ признается большинством геологов [12]. То есть *не было огромного по масштабам разрушения горных систем и сноса обломочного материала на платформы*. Единственным источником материала для осадочных толщ платформенного чехла мог быть только космос. Сходство литологического и минерального составов разновозрастных (например, пермских) толщ, расположенных на территориях, значительно удаленных друг от друга, и даже на разных континентах, позволяет предполагать существование в тот период газопылевого облака (или колец) вокруг Земли. Образование осадочного чехла платформ — заключительный этап формирования Земли как космического тела.

Образование рудных месторождений в приповерхностных условиях и их сохранность в связи с несущественной ролью экзогенных процессов в формировании рельефа — дополнительные аргументы в пользу метаморфического происхождения так называемых интрузивных пород. «Интрузивные» массивы не вскрывались в процессе эрозии, они всегда были на поверхности, иначе не содержали бы рудных тел.

Опровержение основного положения теории рудообразования о наличии слепых эндогенных месторождений коренным образом меняет наши представления о перспективах обеспечения экономики минеральным сырьем. Возможности открытия новых месторождений все более сокращаются, и безоглядная отработка уже открытых месторождений приведет к тому, что человечество в обозримом будущем останется с пустыми недрами. Перспективы обнаружения перекрытого оруденения в кристаллическом фундаменте платформ сохраняются.

При неперенном выходе рудных тел на поверхность основными поисковыми признаками месторождений остаются выходы рудных тел в коренном залегании, продукты их физического и химического выветривания и сопутствующие им метасоматически измененные породы. Более реальной становится оценка перспектив выявляемых рудопроявлений, которая основана на размерах рудных тел: выходы крупных рудных тел указывают на крупное месторождение. Мощные зоны метасоматически измененных пород тоже могут свидетельствовать о перспективах объекта. Распространенное представление о формировании рудных тел и месторождений на значительных глубинах от поверхности и возможности существования еще не вскрытых эрозионным срезом рудных образований вынуждает геологоразведчиков основательно, с применением горных и буровых работ, изучать даже самые мелкие рудопроявления в надежде обнаружить на продолжении по падению крупные скопления руды.

Незначительная роль в формировании рельефа, а, следовательно, и разрушении рудных тел процессов выветривания, эрозии и денудации делает необоснованным деление месторождений на слабо- и сильно-эродированные. Мелкие месторождения не являются результатом денудации крупных месторождений, их размеры определялись в момент формирования размерами рудовмещающих разрывных структур и содержанием рудного вещества во вмещающих породах. Примером слабого влияния экзогенных процессов на размеры рудных образований может служить Сарановское месторождение хромитов, на котором суммарные запасы валунчатых руд в россыпях, образовавшихся за счет разрушения рудных тел, составляют доли процента общих запасов месторождения. Объяснение происхождения осадочных рудных залежей за счет материала

разрушающихся ранее сформированных месторождений уже не выглядит столь очевидным.

Таким образом, многие устоявшиеся представления об условиях рудообразования и основных факторах, его определяющих, по всей вероятности, являются заблуждениями. Надуманными, недостаточно аргументированными выглядят и существующие генетические классификации месторождений полезных ископаемых.

О генетической классификации месторождений полезных ископаемых. Геологов больше всего интересует генезис рудных месторождений, на которых полезное ископаемое залегает в виде обособленных минеральных скоплений — рудных тел, и меньше — месторождений, представленных массивами горных пород, поиски и оценка которых относительно просты. Прежде чем решать, какой должна быть генетическая классификация рудных месторождений и следует ли вообще их классифицировать, надо определить, какие скопления и каких полезных ископаемых относить к рудным.

В Геологическом словаре дано определение терминов, относящихся к теме рудообразования: руда, тело рудное, месторождение рудное. «Тело рудное — общее название скопления руды любой формы (жильной, линзо-, штоко-, пластообразной и др.)» [5]. То есть под рудным телом понимается обособленное скопление минерального вещества с конечными размерами во всех направлениях, отличающееся составом от вмещающих пород и обычно выполняющее трещину или сочетание трещин, что предполагает его эпигенетическое образование по отношению к вмещающим породам. К самому понятию *руда* [5] никаких претензий нет, и из него следует, что руды могут быть представлены как металлическими, так и неметаллическими полезными ископаемыми. Однако в Геологическом словаре есть некоторое разночтение: в статье о руде сказано о существовании неметаллических рудных полезных ископаемых, а к понятию *ископаемое неметаллическое* в скобках добавлено — нерудное. Таким образом, пьезокварц, например, в одном случае назван неметаллическим рудным полезным ископаемым, а в другом — ископаемым неметаллическим (нерудным). Здесь нашло отражение широко распространенное среди геологов представление, что к рудам, рудным полезным ископаемым, рудным месторождениям следует относить только минеральные образования, содержащие металлы. Однообразие процессов формирования рудных минеральных скоплений, их обусловленность одними и теми же факторами требуют единой трактовки основных терминов, связанных с рудообразованием. *К рудным полезным ископаемым должны быть отнесены все минеральные образования, отвечающие понятиям руда и тело рудное, а их месторождения — к рудным месторождениям.* Знака равенства между рудными и металлическими полезными ископаемыми не должно быть.

Как ни парадоксально это звучит, нефтяные залежи и месторождения пресных и минеральных подземных вод тоже являются рудными образованиями. Их наличие нельзя объяснить одной лишь пористостью вмещающих пород. Здесь также главную роль играют зоны разуплотнения, которые захватывали всю толщу пород до поверхности. Сохранность залежей обеспечена наличием «покрышки» или водоупора, представленного пластичными породами (глины, соли, гипсы, ангидриты), в которых трещиноватость, возникавшая в процессе разуплотнения, быстро залечивалась, но сохранялась в более хрупких породах-коллекторах (известняки, песчаники, алевролиты) и становилась вместилищем нефти и воды.

В существующих генетических классификациях [8] в соответствии с процессами, приводящими к образованию рудных скоплений, все месторождения разделены на две

группы: эндогенные (магматогенные и метаморфогенные) и экзогенные.

Признание вмещающих горных пород в качестве источника рудного вещества и определяющей роли тектоники (складчатых и разрывных структур) в процессе рудообразования позволяет считать существующие генетические классификации эндогенных месторождений несостоятельными. Невозможность интрузивного магматизма и отсутствие связи образования рудных тел с магматическим очагом исключают класс магматогенных месторождений.

Обоснованность выделения класса метаморфогенных месторождений с сериями метаморфизованных и метаморфических [8] также можно подвергнуть сомнению. Существование метаморфизованных месторождений основано лишь на предположении, что ранее сформированные магматогенные и экзогенные месторождения могли быть преобразованы в результате процессов метаморфизма. Образование месторождений в заключительную стадию геологического развития складчатых зон и отсутствие последующих процессов, способных оказать существенное воздействие на уже созданные рудные тела, исключают возможность возникновения метаморфизованных месторождений.

К серии чисто метаморфических месторождений можно отнести лишь рудные тела типа согласных кварцевых жил, для которых характерны небольшие размеры и приповерхностное залегание без продолжения на глубину. Сами по себе основные факторы метаморфического процесса (температура и давление) без определенных тектонических структур, создающих условия для циркуляции растворов, переноса и отложения рудного вещества, не могут привести к образованию крупных месторождений. Процессы регионального метаморфизма проявились на огромных площадях, а рудные месторождения — относительно редкие объекты.

Выделение экзогенных рудных месторождений далеко не безупречно. Если разобраться в сути экзогенных процессов, заключенной в дезинтеграции горных пород и рудных тел и рассеивании рудных минералов на значительных площадях, то можно прийти к выводу, что экзогенного рудообразования как явления не существует. При экзогенных процессах не происходит концентрации рудного вещества, экзогенные процессы рудных тел не образуют.

Отнесение к классу экзогенных серии осадочных рудных месторождений [8] не является всесторонне обоснованным, потому что не ясен процесс, в результате которого произошла локализация рудного вещества. Предположение, что накопление рудного вещества осадочных месторождений происходило за счет разрушения ранее сформировавшихся рудных образований, как было сказано выше, лишено оснований.

И дело не только в источнике рудного вещества. Формирование рудных тел так называемых осадочных месторождений обусловлено не столько процессами накопления осадков, их диа- и катагенезом, сколько эндогенными процессами, роль которых, вероятно, была определяющей. Чтобы из далеко неоднородного осадка образовались рудные тела с промышленными содержаниями полезных компонентов, необходима его основательная переработка, что не могло произойти без влияния эндогенных процессов. Об этом же свидетельствует закономерная и наглядная связь осадочных рудных месторождений с определенными тектоническими структурами.

Роль экзогенных процессов в формировании рудных месторождений, связанных с зоной гипергенеза (остаточных, инфильтрационных), тоже преувеличена, вероятно, в силу их наибольшей понятности и наглядности. Эти месторождения не самостоятельны и

являются производными от ранее образованных эндогенных месторождений. Велика также вероятность того, что рудные тела, образование которых приписывается экзогенным процессам, имеют эндогенное происхождение. Если все же под влиянием экзогенных процессов где-то в зоне гипергенеза и происходит накопление рудного вещества, то его масштабы незначительны по сравнению с масштабами эндогенного рудообразования.

К собственно экзогенным с полным основанием можно отнести только механические осадочные месторождения (россыпи), формирование которых определено обусловлено выветриванием и геологической деятельностью поверхностных текучих вод, но полезное ископаемое в них залегает не в виде рудных тел, а относительно равномерно рассеяно во вмещающей толще рыхлых пород. Рудное вещество при образовании россыпей претерпевает совсем иные изменения, чем те, которые с ним происходят при формировании коренных эндогенных месторождений, поэтому россыпи назвать месторождениями в полном смысле этого слова нельзя. Они не самостоятельные образования, а лишь сопутствуют коренным эндогенным месторождениям. Наличие россыпных месторождений всегда свидетельствует о существовании поблизости коренного оруднения.

Представление, что россыпи с промышленными содержаниями рудных минералов могут образоваться при выветривании горных пород, до того не содержавших рудных тел, — заблуждение. Рудное вещество, не прошедшее процесс рудообразования, процесс концентрации, укрупнения рудных зерен, и в россыпях будет находиться в том же тонко распыленном виде и промышленного интереса представлять не будет. Примером могут служить проявления тонкого золота в верховьях р. Кама, которое находится как в коренных породах, так и в речном аллювии. Масса и размеры зерен золота, его содержания на порядки ниже, чем в обычных золотоносных россыпях, поэтому технология извлечения и рентабельность добычных работ представляют большую проблему.

Таким образом, все рудные месторождения обязаны своим формированием эндогенным процессам и имеют эндогенное происхождение, по этой причине понятия *месторождение эндогенное* и *месторождение рудное* несут одну и ту же генетическую нагрузку.

Так каким же видится генезис рудных эндогенных месторождений и какова может быть их генетическая классификация? Как мы установили, суть процесса рудообразования — концентрация рассеянного рудного вещества, находящегося во вмещающих породах, в результате метасоматической переработки (метаморфизма) тектонически разуплотненных пород. Так как перемещение огромных масс рудного вещества даже на малые расстояния без водных растворов представить трудно, то процесс рудообразования явно связан с гидротермами. Генезис всех рудных месторождений, используя существующую терминологию, можно определить как гидротермально-метасоматический или гидротермально-метаморфический, поэтому какая-либо их генетическая классификация невозможна.

Тектонический фактор в формировании и размещении рудных месторождений — основной, во многом определяющий размеры рудных образований. В зависимости от того, в пределах какой крупной тектонической структуры они находятся, рудные образования могут быть подразделены на следующие типы: складчатых областей; промежуточных зон (краевых прогибов); осадочного чехла платформ. Для каждой из указанных структур характерен свой комплекс рудных полезных ископаемых, который обусловлен интенсивностью их тектонической жизни.

Основные положения предлагаемой концепции эндогенного рудообразования. 1. Ротационная энергия (вращение Земли вокруг своей оси) и энергия силы тяжести — причина тектонических движений.

2. Метаморфизм горных пород, вулканическая деятельность, площадные излияния лавы, формирование эндогенных месторождений полезных ископаемых — следствие тектонических движений.

3. Интрузивные породы — те же метаморфические, образовавшиеся из первично-осадочного материала в пределах складчатых зон в условиях относительного растяжения.

4. Вмещающие горные породы независимо от генезиса служат универсальным источником рудного вещества при формировании всех эндогенных месторождений.

5. Определяющая роль в размещении рудных образований принадлежит тектоническим структурам.

6. Рудовмещающими являются зоны разуплотненных пород, формирующиеся на участках развития флексуриобразных складчатых структур.

7. Размеры зон разуплотнения зависят от размеров и амплитуды флексурных осложнений, а также мощности горизонта пород, подвергшихся разуплотнению, и их способности к хрупким деформациям.

8. Размеры рудных тел определяются размерами зон разуплотнения и содержанием рудного вещества в разуплотненных породах.

9. Переход рудного вещества от рассеянного состояния к концентрированному в некотором ограниченном объеме разуплотненных пород составляет суть процесса рудообразования.

10. Процесс образования рудных тел проходит на минеральном уровне. Рудные минералы имеют космическое происхождение.

11. Рудные тела — продукт метасоматической переработки вмещающих горных пород.

12. В период формирования рудных тел *P-T* условия на поверхности Земли, по крайней мере, в складчатых зонах, были иными, чем ныне существующие.

13. Формирование слепых рудных месторождений в принципе невозможно. Наличие перекрытых рудных образований можно предполагать под осадочным чехлом в кристаллическом фундаменте платформ.

14. Сохранность месторождений, образовавшихся в приповерхностных условиях, свидетельствует о тектонической природе рельефа и чисто косметической роли процессов выветривания, эрозии и денудации в его формировании.

15. Генезис всех рудных месторождений определяется как гидротермально-метаморфический.

О рациональной методике прогноза и поиска рудных месторождений. Практика геологоразведочных работ далеко не всегда ориентируется на теорию рудообразования, а обычно исходит из реально существующих геологических предпосылок, прямых и косвенных поисковых признаков. При поисково-оценочных и разведочных работах, например, редко кого интересует генезис месторождения, вся методика строится на форме и размерах рудных тел, их залегании и близка оптимальной. При прогнозных построениях и поисковых работах взгляды геологов на основные вопросы рудообразования играют более существенную роль. От их правильности и обоснованности зависят результаты проводимых исследований.

К сожалению, геологическая наука далеко не всегда способна решать практические задачи. Яркий пример ее беспомощности — многолетние безрезультатные поиски первоисточников уральских алмазов. Рядовой случай поиска коренного оруднения по россыпям, образовавшимся при его разрушении, перерос в неразрешен-

мую проблему из-за существующего представления о многообразии процессов, приводящих к формированию рудных тел, и исключительности условий, в которых образуются месторождения алмазов.

Стандартное использование для прогноза общих геологических критериев — литолого-стратиграфических, магматических, структурно-тектонических — принесло немало разочарований. Оказалось, что наличие перечисленных предпосылок при устоявшемся представлении об их роли в рудообразовании совсем не гарантирует обнаружения месторождений.

В соответствии с общепринятыми представлениями рудообразование ставится в зависимость от большого количества условий — структурных, наличия рудоносных интрузий, определенной глубинности, состава вмещающих пород и др. [19]. Сложности в оценке влияния всех факторов на вероятность образования рудных тел привели к применению в прогнозировании месторождений математических методов с использованием вычислительной техники. *Это стало очередной попыткой (после геофизических, геохимических и аэрометодов) решить геологические проблемы негеологическими методами.* Она вызвана не сложностью связей между геологическими явлениями и процессами, а недостатками существующих представлений об основных факторах, определяющих формирование и размещение рудных тел.

Существуют примеры довольно эффективного применения математических методов в прогнозировании нефтегазоносности [4]. При всем множестве используемых критериев (а их 14!) все они характеризуют геологическую обстановку с двух сторон: литологической и тектонической. Однако стремление учесть всю имеющуюся геологическую информацию, выраженную в километрах, метрах, градусах, приводит к тому, что геологический смысл влияния того или иного фактора на вероятность обнаружения нефтяной залежи далеко не всегда может быть объяснен.

Напрашивается вывод, что если бы все критерии прогноза получили геологическое объяснение своей роли и оценку ее важности в нефтеобразовании и нефтенакоплении, то количество критериев значительно уменьшилось и перспективность той или иной структуры можно было бы оценить с помощью обычных рассуждений без применения математических методов и вычислительной техники.

Следует признать, что процент правильных оценок структур довольно высок (более 70%), что авторы объясняют удачно разработанными геолого-математическими моделями. Но почти 30% структур дана неверная оценка, что может свидетельствовать о неучете очень важного критерия, которым, по нашему мнению, являются конкретные тектонические структуры — флексурные изгибы, осложняющие антиклинальные поднятия, и зоны разуплотненных пород. Вполне возможно, что некоторые из множества используемых при прогнозе тектонических критериев косвенным образом указывают на наличие этих структур.

Прогноз — реальная оценка геологических факторов, определяющих формирование рудных тел, а также прямых и косвенных поисковых признаков, указывающих на вероятность присутствия в пределах исследуемой площади рудных образований. Если территория в какой-то степени уже геологически изучена, то неожиданные открытия крупных рудных месторождений исключены, потому что месторождения обязательно проявляют себя продуктами физического и химического выветривания, и при наличии значительных рудных образований эти проявления

должны быть весьма заметными, что не может не привлечь внимания при геологических исследованиях. Простое предположение о существовании крупных месторождений только на основании сходства общей геологической ситуации данной территории с районами, где месторождения уже обнаружены, нельзя считать всесторонне обоснованным прогнозом.

Как следует из вышеизложенной концепции эндогенного рудообразования, для убедительного прогноза и постановки поисковых работ нужны литолого-петрографическая и тектоническая характеристики территории. Сведения о составе горных пород, слагающих изучаемую площадь, их минералогической специализации в необходимом объеме могут дать материалы геологической съемки масштаба 1:200 000.

Информация о вмещающих породах всегда была достаточной. Горные породы очень понятны и доступны для всестороннего изучения, в связи с чем роль этого фактора в размещении рудных месторождений оказалась сильно преувеличенной. Зачастую многие геологи вероятность обнаружения рудных скоплений напрямую связывают с наличием на территории горных пород, которые в других районах вмещают рудные тела. Даже в учебных пособиях [11] встречается, например, такая мысль, что при развитии докембрийских конгломератов на обширных площадях древних щитов нашей страны проблема выявления промышленных месторождений золотоносных конгломератов весьма актуальна. А коренные месторождения алмазов до недавних пор связывались только с кимберлитами.

По геологическим картам можно судить об общей тектонической ситуации, о принадлежности района к крупным тектоническим структурам. Но заблуждение, что геологические карты содержат информацию и о тектонических структурах, контролирующих размещение рудных месторождений. *Неубедительность большинства выполняемых прогнозов заключается в отсутствии привязки предполагаемого оруденения к конкретным рудоконтролирующим структурам.*

Как указывалось выше, выявление благоприятных для рудообразования структур обычными геологическими методами затруднено. Информация о зонах разуплотненных пород, связанных с флексурообразными структурами, по-видимому, может быть получена только при помощи геофизических исследований. Геофизические методы достаточно эффективны при непосредственных поисках лишь некоторых полезных ископаемых: железа, хромитов, бокситов и сульфидных месторождений [13], поэтому весьма перспективно их использование для обнаружения рудоконтролирующих структур, когда вид минерального сырья не имеет значения.

Ставка на выявление разрывных рудоконтролирующих структур при поисках рудных месторождений оправдана еще и тем, что размеры зон тектонически нарушенных и метасоматически измененных горных пород во столько раз превышают размеры рудных тел, во сколько раз содержание полезного компонента в рудных телах выше его содержания во вмещающих породах.

Основная, пока нерешенная, задача — выбор методов обнаружения зон тектонического разуплотнения. Предполагая различие в плотностных свойствах нарушенных и монолитных пород, можно ожидать, что рудоконтролирующие структуры будут выделяться при гравиметрической съемке. Для больших территорий, которые обычно подвергаются прогнозным исследованиям и перспективы которых предварительно установлены на основании имеющейся информации о литолого-петрографической и минералогической обстановках,

полученных при мелкомасштабных геолого-съемочных работах, наиболее эффективны были бы геофизические съемки с воздуха. Наличие известных рудопоявлений и месторождений в исследуемом районе значительно повышает его перспективы и делает более конкретными представления о характерных особенностях рудных образований и геологической ситуации вокруг них.

Большое значение имеет масштаб геофизических исследований, который определяется вероятными средними размерами рудоконтролирующих тектонических структур. Проведению геофизической съемки должны предшествовать опытные работы на известных месторождениях для установления характера аномалий, в виде которых проявляются рудовмещающие зоны разуплотненных пород в геофизических полях. Перед постановкой геофизических исследований на территориях, не имеющих известных рудных образований, должны быть выполнены опытные работы на площадях с аналогичными геологическими условиями, где месторождения и рудопоявления уже обнаружены.

На методике дальнейших заверочных работ после интерпретации результатов геофизических исследований существенно скажется степень обнаженности района. На хорошо обнаженных площадях поиски намного упрощаются ввиду легкости обнаружения рудных тел в коренном или элювиально-делювиальном залегании при визуальном осмотре перспективного участка. Не исключено, что прогнозные исследования на площадях с хорошей обнаженностью не приведут к открытию новых объектов, если эти площади уже были с достаточной детальностью опробованы, по причине полного выявления имеющихся рудных образований. Перспективы таких территорий могут заключаться только в доизучении известных рудных проявлений на флангах и по падению.

Для определения перспектив аномальных участков в пределах плохо обнаженных территорий надо привлекать всю информацию, способную помочь в установлении необходимости проведения дальнейших работ. Следует учитывать приуроченность аномалий, отражающих зоны разуплотненных пород, к положительным формам рельефа, развитие на перспективных участках горных пород, способных по своему составу, физико-механическим свойствам и минералогической специализации вмещать рудные образования, характерные для обследуемой территории, принимать во внимание минеральный состав тяжелой фракции шлихов, отобранных из аллювия водотоков близ перспективных участков. В условиях плохой обнаженности для выявления собственно рудной минерализации в коренном залегании возможно применение в зависимости от мощности наносов горных или буровых работ с предварительным выполнением, при необходимости, литогеохимического опробования с целью обнаружения и оконтуривания вторичных ореолов рассеяния.

Незнание истинных условий формирования рудных тел и их геологического положения доводит иногда методику поисковых работ до абсурда. Например, при детальных поисках хрусталеносных кварцевых жил в условиях

хорошей обнаженности и открытой местности Приполярного Урала интервалы между линиями маршрутов составляли 20—50 м, при том, что выходы кварцевых жил в коренном залегании и их элювиально-делювиальные развалы, хорошо отличающиеся своим цветом от вмещающих пород, видны на расстоянии до 1 км. Представление о возможности существования слепых рудных тел вынуждало тщательно обследовать всю территорию с фиксацией даже мелких обломков жильного кварца и метасоматически измененных горных пород.

Поисково-оценочные работы на участках с установленной рудной минерализацией выполняются по давно отработанной схеме. Сначала определяются площадные размеры рудного образования по выходам рудных тел и метасоматически измененных пород на поверхность или с использованием горных выработок, характер которых зависит от мощности рыхлых отложений, затем буровыми скважинами устанавливается распространение минерализации на глубину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аристов В.А. Генезис колчеданных месторождений Урала // Отечественная геология. 1995. № 6. С. 17—22.
2. Включения в алмазе и алмазоносные породы // Под ред. А.С.Марфунина. — М.: Изд-во МГУ, 1991.
3. Вольфсон Ф.И., Некрасов Е.М. Основы образования рудных месторождений. — М.: Недра, 1978.
4. Галкин В.И., Жуков Ю.А., Шишкин М.А. Применение вероятностных моделей для локального прогноза нефтегазоносности. — Екатеринбург: УрО РАН, 1992.
5. Геологический словарь. — М.: Недра, 1978. Т. 1. Т. 2.
6. Гудков А.С., Киевленко Е.Я., Кондрашев С.Н. Основы поисков и разведки месторождений пьезооптических минералов. — М.: Госгеоллиздат, 1963.
7. Иванова М.Ф. Общая геология с основами исторической геологии. — М.: Высшая школа, 1980.
8. Котляр В.Н. Основы теории рудообразования. — М.: Недра, 1970.
9. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые // Под ред. Д.В.Рундквиста. — Л.: Недра, 1986.
10. Кузнецов С.И., Хубаев Г.С., Штрэм Э.А., Ширяев А.Н. О поисках скрытого оруднения по безрудным прожилкам // Разведка и охрана недр. 1994. № 8. С. 19—22.
11. Курс месторождений твердых полезных ископаемых // Под ред. П.М.Татарина, А.Е.Карякина. — Л.: Недра, 1975.
12. Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Общая геоморфология: Учеб. пособие для географ. специальностей вузов. — М.: Высшая школа, 1979.
13. Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1: 50 000 // Под ред. А.С.Кумпана. — Л.: Недра, 1974. Т. 1. Т. 2.
14. Милашев В.А. Трубки взрыва. — Л.: Недра, 1984.
15. Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. — М.: Недра, 1988.
16. Овчинников Л.Н. Рудный процесс (основная концепция) // Разведка и охрана недр. 1996. № 8. С. 27—29.
17. Саранчина Г.М., Шинкарев Н.Ф. Петрология магматических и метаморфических пород. — Л.: Недра, 1973.
18. Судовиков Н.Г. Региональный метаморфизм и некоторые проблемы петрологии. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1964.
19. Теоретические основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых // Под ред. В.М.Крейтера. — М.: Недра, 1968. Т. 1.
20. Царев Д.И. Метасоматоз и конвергенция в петрологии и рудогенезе. — М.: Наука, 1978.
21. Шаронов И.П. Метаморфология. Некоторые проблемы. — М.: Наука, 1989.
22. Щеглов А.Д. О новом типе месторождений золота // Разведка и охрана недр. 1997. № 11. С. 10—11.

К проблеме минерагенических исследований мегакомплексов складчатых областей

В.С.СУРКОВ, Г.Н.ЧЕРКАСОВ, Б.Г.КРАЕВСКИЙ (СНИИГГиМС)

Необходимость переоценки и укрепления рудной базы России доказательств не требует, но порождает ряд проблем. Эра открытия крупных приповерхностных рудных месторождений практически закончилась. Это заставляет обратиться к поискам месторождений, залегающим в недрах на доступной (с точки зрения целесообразности их разработки) глубине. Поэтому актуальной проблемой становится повышение достоверности научного прогноза таких месторождений. Для разработки новых подходов к прогнозно-минерагеническим исследованиям важное значение приобретает использование концепции развития земной коры с позиции геодинамических моделей «горячих полей», мантийно-корового диапиризма с сохранением принципа геоисторизма и унаследованности, разработанной в работе [27] и созданных на этой основе для территории Сибири геостатических тектонических карт для раннего и позднего неогена [19]. В основу таких исследований должна быть положена объемно-генетическая модель земной коры, отражающая строение мегакомплексов.

Под мегакомплексом понимается синхронизированный латеральный ряд различных по составу, строению и условиям образования до-, ранне- и позднеорогенных структурно-формационных комплексов (СФК), включающих интрузивные и протрузивные тела, зафиксированные в современной структуре земной коры и образовавшихся в течение одного тектономагматического цикла, соответствующего одному из четырех (байкальский, салаирский, каледонский, герцинский) этапов тектоно-хронологической шкалы раннего неогена [20]. Модель земной коры, составленная по этим принципам, позволяет проследить ее структурные и формационные изменения во времени и пространстве и сделать более обоснованный минерагенический прогноз на различные виды полезных ископаемых.

Структурно-формационный комплекс — группа осадочных и магматических формаций, образовавшихся в соответствующих типах структур при определенном тектоническом режиме в специфических физико-географических условиях, т.е. это естественные геологические тела в их современном залегании, характеризующиеся определенной спецификой состава пород и представляющие собой, как правило, в той или иной степени дислоцированные реликты (фрагменты) первичных палеоморфоструктур (рифтов, прогибов, депрессий, гряд, поднятий, устойчивых массивов и т.д.).

В общем случае СФК до-, ранне- и позднеорогенной стадий, образующие мегакомплекс, формируются в условиях нестабильного тектонического режима, приводящего в отличие от стабильного (платформенного) к формированию новой континентальной коры. По характеру преобладающих тектонических движений и типу литогенеза тектономагматический цикл можно разделить на две стадии: деструктивную и конструктивную.

В деструктивную стадию под воздействием «горячих полей», мантийного диапиризма и других факторов происходит растяжение (спрединг) земной коры, вызывая погружение крупных ее блоков, раскрытие глубинных разломов, активизацию магматизма и вулканизма,

решающая роль в котором принадлежит основному типу (слабо дифференцированным толеитовым базальтам). Это стадия зарождения и развития рифтовых систем с образованием сейсмически активных зон (трогов), относительно быстро заполняющихся интрузивно-эффузивным и вулканогенно-осадочным материалом офиолитовой серии (базитовые, базит-ультрабазитовые комплексы в вулканогенно-терригенной, карбонатно-кремнистой, глинисто-граувакковой толщах), а также формирования рифтогенно-спрединговых бассейнов с корой океанического типа в их центральных частях. В бассейнах седиментации, в т.ч. и рифтовых зонах, формируются мощные вулканогенные, терригенные и карбонатные толщи, перспективные в центральной части на ряд рудных полезных ископаемых, а в краевых, вблизи пассивной континентальной окраины — на нефть и газ [18].

В осадочных и вулканогенно-осадочных толщах центральной части бассейна с некомпенсированным осадконакоплением, примыкающей к рифту, часто локализуются стратиформные месторождения «аллохтонных» (без видимой связи с первичным комплексным гипергенно-эндогенным источником рудного вещества) фосфоритов, бокситов, марганцевых и железных руд [2, 3], золота, меди, полиметаллов [7, 15] и даже нефти и газа [9, 18].

В деструктивную стадию возможно формирование и «автохтонных» руд, таких как хромиты, руды кобальта, никеля, платиноидов, меди, непосредственно в базитовых и ультрабазитовых интрузиях рифтов за счет кристаллизационно-гравитационной дифференциации первичного магматического расплава в благоприятных гидрохимических и *P-T* условиях [1, 11]. В подвижном поясе, как было показано в работе [19], наблюдается синхронность проявлений структуроформирующих дислокаций растяжения с одной стороны и сжатия — с другой, т.е. рифтогенез и последующий спрединг в одной части подвижного пояса коррелируются со складчатостью, надвиго- и покровообразованием, формированием парных поясов метаморфизма со специфическим магматизмом — в другой.

В конце деструктивной стадии (предорогенный этап развития земной коры) на отдельных участках рифтогенно-спрединговых зон начинают проявляться инверсионные процессы, связанные с началом коллизии, приводящие к формированию энсиматических островных дуг с изменением магматизма от основного к среднему (до габбро-диорит-гранодиоритового) и вулканизма от толеитовых до известково-щелочных серий, усиливается роль андезитового вулканизма. Рудообразование на островных дугах аналогично бассейновому, но по масштабам значительно меньше [23]. Появляются эпitherмальные месторождения золото-серебрянных руд различного типа [12, 26], самородной серы [14], идет процесс перераспределения и миграции по толще ранее сформировавшихся нефтяных залежей [17].

Конструктивная стадия тектономагматического цикла охватывает ранне- и позднеорогенные этапы развития земной коры подвижного пояса и обусловлена коллизионными процессами, сопровождающимися смятием отложений, закрытием глубинных разломов, резким

снижением роли основного вулканизма, увеличением значимости кислого магматизма (гранодиорит-гранитного калиевой ветви) и наращиванием мощности континентальной земной коры. В результате взаимодействия мантийных и коровых расплавов наблюдается увеличение разнообразия магматических формаций. Преобладающими вулканическими сериями становятся базальт-андезит-риолитовая и дацит-риолитовая. Формируются орогенно-складчатые пояса. Эта стадия характеризуется зарождением рудных резервуаров в мантии [21] с последовательной их разгрузкой в поверхностные морские бассейны седиментации в следующую эволюционную стадию, но уже нового тектономагматического цикла. В основном же в конструктивную стадию зарождающееся рудное вещество концентрируется, обособляясь либо в самих интрузиях [15], либо оруденение (редкие и благородные металлы, вольфрам, олово, молибден) локализуется в зонах контактового метаморфизма (ороговикования, березитизации, скарнирования), а также во вторичных кварцитах, часто представляющих собой алунитовые, дистен-силлиманитовые и андалузитовые руды [22], обогащенные тонким золотом [28], формируя главным образом «автохтонный» тип руд. В конце раннеорогенного этапа в земной коре иногда фиксируется становление интрузий специфического ультракалиевого псевдолейцитового состава, рассматриваемых как комплексные калий-глиноземные руды [22].

В позднеорогенный этап горизонтальное сжатие осадков сопровождается их глыбовым перемещением с внедрением производных базальтовой магмы, увеличивается роль дацит-риолитовых серий. Наряду с гранитными появляются интрузии дунит-пироксенит-габбровой формации [13], несущие «автохтонное» золото-платино-медное и титаномагнетитовое оруденение. С щелочными гранитами натриевой ветви связаны «автохтонные» месторождения циркона, торита, криолита, корунда, марганца. Как производные щелочной гранитоидной магмы фиксируются интрузии нефелиновых сиенитов, рассматриваемых обычно в качестве комплексной глиноземной руды [22] и часто обогащенных золотом и платиной [16]. В этот этап формируются покровно-надвиговые структуры, предгорные прогибы и межгорные котловины, заполненные вулканогенно-терригенно-углистой молассой, в которой локализуются «аллохтонные» алюмогидрокарбонатные руды (давсонит) [22], месторождения углей, газа и, возможно, нефти. В последние годы появились сведения об алмазности орогенно-складчатых систем [10, 25]. При этом большое значение придается тектонике и сопутствующим процессам, когда в позднеорогенный этап, в периоды магматической активизации фиксируются крупные прорывы мантийного вещества (трубки взрыва, заполненные брекчиями щелочных лампрофиров, сцементированных карбонатно-серпентинитовым материалом) с локализацией на участках сопряжения зон глубинных разломов с внешними контурами сводовых поднятий.

От обычных прогнозно-минерагенических исследований земной коры, проводимых на палеогеографической или структурно-формационной основе, подобные исследования отличаются тем, что за структурную единицу принимается мегакомплекс, объединяющий сразу несколько разнофациальных структурно-формационных комплексов, образовавшихся в рамках единого тектономагматического цикла, т.е. мегакомплекс имеет «многоэтажное» строение. Для успешного проведения минерагенических исследований с построением прогнозно-минерагенической карты мегакомплекса необходим предварительный анализ, который бы с той или иной степенью достоверности раскрывал способы зарождения и концентрации рудного вещества в

структурах мегакомплекса и позволял реконструировать закономерности его пространственного распределения, и на этой базе обосновать использование известных и разработку новых геофизических и геологических методов глубинного прогноза конкретных полезных ископаемых. Принципиальная возможность проведения такого рода исследований отражена в работах [2, 4, 7, 15, 21, 23].

Алтае-Саянская складчатая область входит в Урало-Монгольский подвижный пояс, являющийся единицей глобального ранга. Изучение ее структур и геологического развития важно в связи с глобальными тектоническими событиями в истории Земли. Сейчас ни у кого не вызывает сомнений тот факт, что большинство месторождений полезных ископаемых образуется при определенных тектонических режимах и связано с различными стадиями тектономагматических циклов.

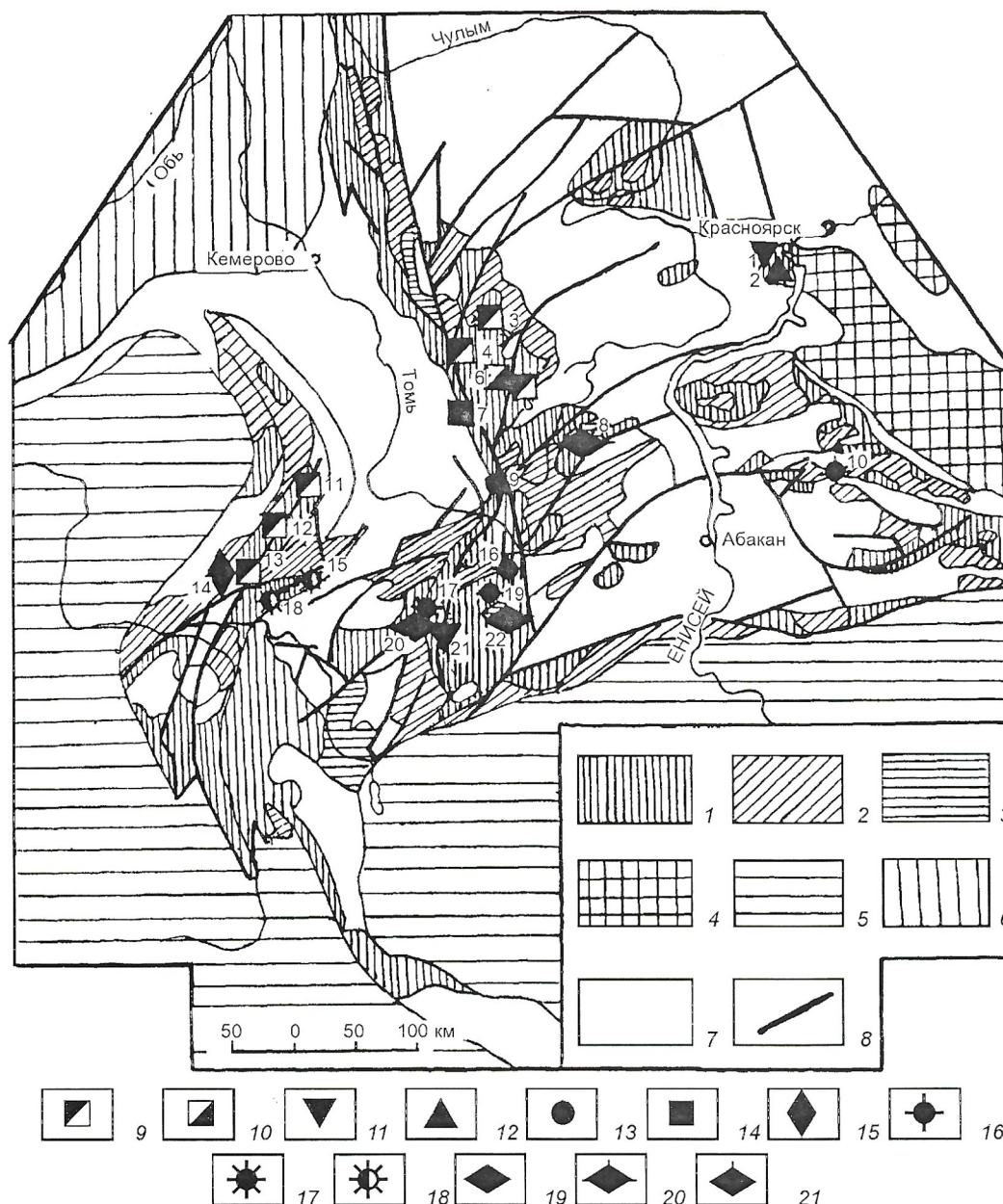
Для примера рассмотрим рудоносность наиболее полно представленного в Алтае-Саянской складчатой области салаирского (венд-кембрийского) мегакомплекса. Его металлогении в последнее десятилетие посвящено большое количество работ сибирских исследователей [4, 6, 11, 15, 24 и др.]. На тектонической схеме (рисунок) показаны в современных очертаниях границы распространения структур салаирского мегакомплекса и различными знаками зафиксированы сохранившиеся фрагменты до-, ранне- и позднеорогенных структур. Анализ рудоносности структур салаирского мегакомплекса позволяет заключить, что с карбонатными толщами доорогенных формаций связаны месторождения венд-нижекембрийских «аллохтонных» фосфоритов, представленных фторapatитом, иногда с флюоритом (Саржаковское на западном фесе Восточного Саяна и Белкинское в Горной Шории). В карбонатных отложениях нижнего кембрия Кузнецкого Алатау установлено Усинское месторождение марганца. В вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщах нижнего кембрия Горной Шории локализованы Федоровское и Желсайское золоторудные и Тургеневское, Заслонское свинцово-цинковые месторождения. В аналогичных вулканогенных образованиях нижнего кембрия западного феса Восточного Саяна залегают месторождения и проявления бокситов Козыревской группы, а в таких же отложениях нижнего—среднего кембрия Кузнецкого Алатау [5] зафиксирована Лавреновская группа железорудных месторождений.

В доорогенных альпинотипных гипербазитах венда—раннего кембрия локализованы «автохтонные» месторождения и проявления хрома, иногда никеля, на Салаире (Успенское, Тогул-Сунгайское, Мартыново-Шалапское, Шалапское) и в Кузнецком Алатау (горы Бархатная, Зеленая, Чемодан), иногда хрома с платиноидами (Среднетерсинское) [6].

С гранодиорит-гранитным комплексом раннеорогенных структур западного феса Восточного Саяна связано «автохтонное» Артемовское золоторудное месторождение. В Горной Шории в скарнах гранодиоритов и сиенитов шалымского комплекса среднего—позднего кембрия установлено Плоскинское месторождение «автохтонных» Cu-Pb-Zn руд с золотом и серебром, а с гранитами среднего кембрия — Поросское месторождение W-Au.

В позднеорогенных структурах Хакасии в Улень-Туимском батолите гранодиорит-гранитов среднего кембрия—раннего ордовика локализовано несколько медно-молибденовых и вольфрамовых месторождений, а в Горной Шории в аналогичных по возрасту гранит-граносиенитах обнаружено Усть-Сынзакское молибденовое проявление.

Ранний неогей представлен законченным суперциклом, в течение которого в рифейское и особенно палеозойское время за счет рифтогенно-спрединговых и коллизионных



Строение салаирского мегакомплекса центральной части Алтае-Саянской складчатой области с элементами металлогении, по работе [19], схематизировано:

СФК салаирского мегакомплекса: 1 — доорогенные, 2 — раннеорогенные, 3 — позднеорогенные; до- и постсалаирские мегакомплексы: 4 — байкальский, 5 — каледонский, 6 — герцинский; 7 — дейтероорогенные СФК герцинского мегакомплекса; 8 — разломы; месторождения и проявления: 9 — хромита (3 — гора Чемодан, 4 — гора Зеленая, 5 — гора Бархатная, 11 — Успенское, 12 — Тогул-Сунгайское, 13 — Уксунайское), 10 — платиноидов (6 — Среднетерсинское), 11 — фосфоритов (1 — Саржаковское, 21 — Белкинское), 12 — бокситов (2 — Козыревская группа), 13 — марганца (9 — Усинское), 14 — железных руд (7 — Лавреновская группа), 15 — никеля (14 — Шалапское), 16 — золота (10 — Артемовское, 16 — Желсайское, 19 — Федоровское), 17 — полиметаллических (Cu-Pb-Zn) руд (17 — Плоскинское), 18 — свинцово-цинковых руд (15 — Заслонское, 18 — Тургеневское), 19 — золото-вольфрамовых руд (20 — Поросское), 20 — медно-молибденовых руд (8 — Улень-Туимская группа), 21 — молибдена (22 — Усть-Сынзакское)

процессов в Урало-Монгольском подвижном поясе сформировались четыре мегакомплекса, включающие до-, ранне- и позднеорогенные рудоносные СФК с многообразной минерагенической специализацией, что подтверждается и анализом рудоносности салаирского мегакомплекса Алтае-Саянской складчатой области. Поэтому важна и актуальна задача установления закономерных связей рудоносности с типами тектонических структур и магматических комплексов, определенных тектонических режимов, как наиболее адекватной основы прогнозно-минерагенических исследований складчатых областей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов Л.В., Кужугет К.С., Ойдуг Ч.К. Метаморфизм ультрамафитов и акцессорная минерализация в связанных с ним хромитах Агардагской зоны разломов (Тува) // Проблемы геологии Сибири: Тез. докл. научно-практич. конференц., посвящ. 75-летию геолог. образования в Томском госуниверситете. Томск, 1996. С. 4—5.
2. Андреев С.И., Грамберг И.С. Металлогеническая карта Мирового океана. Объяснительная записка. — С.-Пб.: ВНИИОкеангеология, 1998.
3. Архипова Л.Д., Галий С.А., Корсаков О.Д. и др. Первая находка клиахита в пелагических осадках Тихого океана // Докл. АН СССР. 1987. Т. 296. № 3. С. 701—704.

4. *Богнибов В.И., Павлов А.Л.* Физико-химические условия и механизм формирования платинометалльного оруденения в ультрабазит-базитовых массивах // Проблемы геологии Сибири: Тез. докл. научн. чтений, посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. В.А.Хахлова. Т.2. Томск, 1994. С. 13—15.
5. *Дымкин А.М., Пругов В.П.* Стратиформный тип железоруднения и его генетические особенности. — М.: Наука, 1980.
6. *Изох А.Э.* Платиноносные ультрабазит-базитовые массивы Алтае-Саянской складчатой области // Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири: Тр. НИЦ ОГГМ СО РАН. Новосибирск, 1995. С. 17—87.
7. *Индукеев Ю.В.* Металлогенетические модели разнообразных геодинамических обстановок (режимов) формирования салангид центральной части Алтае-Саянской области // Проблемы геологии Сибири: Тез. докл. научн. чтений, посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. В.А.Хахлова. Т. 2. Томск, 1994. С. 46—48.
8. *Коробейников А.Ф.* Комплексное золото-платиноидное оруденение в складчатых областях // Проблемы комплексного использования руд: Тез. докл. 2-го Междунар. Симпозиума. С.-Пб., 1996. С. 22.
9. *Краюшкин В.А.* Вулканизм, нефть и природный газ // Первая Междунар. конференция «Вулканизм и биосфера»: Тез. докл. Туапсе, 1998. С. 12—13.
10. *Куликов Ю.И.* Алмазонасность Восточного саяна // Методы прогноза и поисков алмазов на юге Восточной Сибири: Тез. докл. Иркутск, 1990. С. 17—18.
11. *Меньшагин Ю.В., Секерин А.П.* Гипербазиты дунит-гарцибургитовой формации зоны главного Саянского разлома // Проблемы геологии Сибири: Тез. докл. научн. чтений, посвящ. 100-летию со дня рожд. проф. В.А.Хахлова. Т. 2. Томск, 1994. С. 46—48.
12. *Некрасов И.Я.* Родниковское телетермальное золото-серебряное месторождение // Докл. РАН. 1996. 347. № 6. С. 784—786.
13. *Немцович В.М.* Классификация интрузивных формаций и некоторые закономерности развития магматизма // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1973. № 7. С. 3—10.
14. *Никольский В.М.* Вулканизм и серообразование // Первая Междунар. конференция «Вулканизм и биосфера»: Тез. докл. Туапсе, 1998. С. 14.
15. *Поляков Г.В., Белоусов А.Ф., Изох А.Э.* и др. Петрология, геодинамика, рудоносность магматических формаций: обзор результатов и перспективы формационного анализа // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 5. С. 871—881.
16. *Сазонов А.М., Шведов Г.И., Гринев О.М.* и др. Уртиты — нетрадиционное сырье попутного извлечения благородных металлов // Проблемы комплексного использования руд: Тез. докл. 2-го Междунар. симпозиума. С.-Пб., 1996. С. 14—15.
17. *Свиштунов Е.П.* Новые данные о нефтегазоносности глинисто-кремнистых отложений эоцена западной Камчатки // Геологическое изучение и использование недр. М., 1999. С. 3—10.
18. *Ступакова А.В.* Развитие бассейнов баренцевоморского шельфа и их нефтегазоносность. — М.: Геоинформмарк, 1999.
19. *Сурков В.С., Коробейников В.П., Краевский Б.Г.* Геостатические тектонические карты раннего (докембрий и палеозой) и позднего (мезозой, кайнозой) неогей территории Сибири масштаба 1:2 500 000 (Объяснительная записка). — Новосибирск, 1998.
20. *Сурков В.С., Коробейников В.П., Краевский Б.Г.* Новое в тектонике Сибири // Отечественная геология. 1999. № 1. С. 3—7.
21. *Черкасов Г.Н.* Причина зональности геосинклинального рудогенеза // Литолого-геохимические и палеогеографические предпосылки рудоносности осадочных формаций Сибири: Тр. СНИИГГиМС. Новосибирск, 1987. С. 95—103.
22. *Черкасов Г.Н., Прусевич А.М., Сухарина А.Н.* и др. Небокситовое алюминиевое сырье Сибири. — М.: Недра, 1988.
23. *Черкасов Г.Н.* Литолого-геохимические методы реконструкции генезиса алюминиевых руд с целью повышения достоверности их прогноза и поиска в Сибири: Автореф. дисс. на соиск... доктора геол.-минер. наук. — Новосибирск, 1997.
24. *Черкасов Г.Н.* Решение геодинамических задач деструктивных стадий эволюции земной коры на основе пространственной рудной зональности осадочных комплексов подвижных областей // Матер. XXXII Тектонического совещания «Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма». Т. 2. М., 1999. С. 270—272.
25. *Юсупов Р.Г.* Алмазы орогенных областей, геохимические особенности и акцессорно-минеральные парагенезисы (Средний и Южный Тянь-Шань) // Геохимия. 1993. № 6. С. 852—861.
26. *Aneptermal gold-silver deposit in the Pontide island arc, mastra Gumushane, northeast Turkey / T.Necati, S.Burhan, E.Murat, Y.Zeki // Econ. Geol. 1995. 90. № 5. P. 1301—1309.*
27. *Atlas of Paleotectonic and paleogeological-landscape maps of hydrocarbon Provinces of Siberia / Red. V.S.Surkov, V.P.Korobeynikov, L.V.Smirnov. — Novosibirsk: SNIIGGiMS — Petroconsultants, 1995.*
28. *Zang Dequan, Li Daxing, Zhao Yiming et al.* Zijinshan deposit: the first example of quartz-alunite type epithermal dposit in the continent of China. - Shigen chishitsu // J. Soc. Resour. Geol. 94. 44. № 3. P. 93—99.

УДК 551.248.1+(553.493.54+553.493.65)

© Коллектив авторов, 2000

Структура, магматизм и металлогения Белореченской зоны Сетте-Дабанского палеорифта

А.В.САГИР, Р.Н.ДОРОФЕЕВА, П.Ю.КРУКОВСКИЙ, Ю.Б.ФИЛАТОВА (ВОСТОЧНО-ЯКУТСКОЕ ГГП)

Сетте-Дабанский палеорифт, выделяемый в современной структуре Южного Верхоянья как Сетте-Дабанское складчато-надвиговое поднятие, протянулся по юго-восточному краю Сибирской платформы с севера на юг от р.Томпо до р.Юдома (рис. 1).

Заложение палеорифта началось на рубеже позднего силура—раннего девона. Ему предшествовало поздне-силурийское сводообразование, в результате которого выведенные на поверхность карбонатные породы среднего ордовика—силура были смяты в пологие складки с углами падения крыльев 5—200°. Предрифтовое сводообразование зафиксировано корой выветривания, развитой по карбонатным породам силура. Мощность палеокарстовых гипергенно измененных образований коры выветривания составляет 25—450 м.

В раннем девоне позднесилурийский свод был нарушен серией субмеридиональных глубинных разломов, в зонах влияния которых началось формирование разделенных палеоподнятиями палеорифтовых зон: Джалканской, Восточно-Хандыгской и Белореченской [5]. Для каждой палеорифтовой зоны характерен разрез девонско-нижнекаменноугольных вулканогенно-терригенно-кар-

бонатных отложений, а особенности проявления в них рифтогенного магматизма определяют металлогению выделенных зон. Палеорифтовые зоны имеют форму протяженных линейных грабен с достаточно сложным внутренним строением. Именно закономерности формирования этих структур обуславливают фациальные типы девонских рифтогенных отложений, размещение магматических образований и генетически и парагенетически связанного с ними оруденения. Так, отличительная черта Джалканской зоны — интенсивное проявление основного базальтоидного магматизма, наличие значительных концентраций самородной меди в фаменских базальтах и парагенетически связанное с меденосными базальтами промышленное оруденение в медистых песчаниках среди фаменско-турнейских пестроцветных отложений. Для Восточно-Хандыгской зоны характерно не столь интенсивное как в Джалканской зоне проявление базальтоидного магматизма, наличие менее значимых объектов медистых песчаников, но широкое развитие в девонском разрезе эвапоритов (гипсов и ангидритов). Характерные черты Белореченской зоны — резко отличающийся от других палеорифтовых

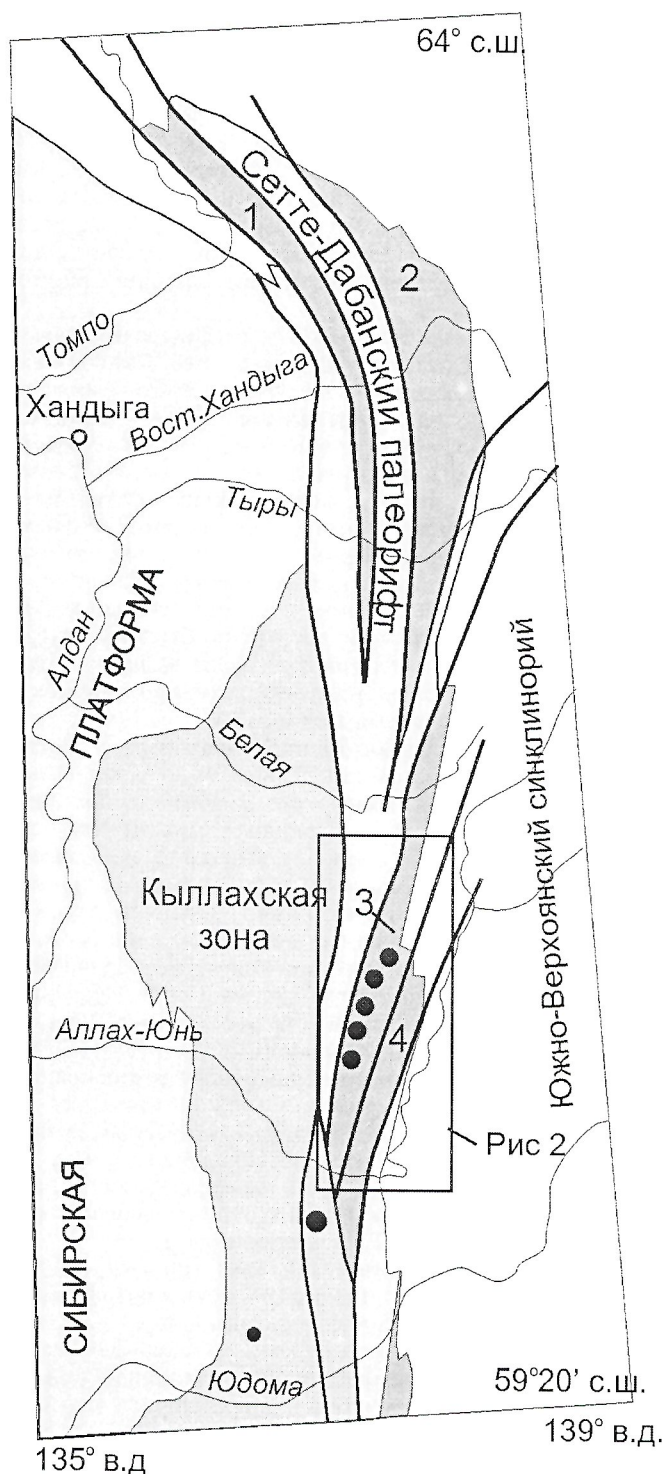


Рис. 1. Структура Сетте-Дабанского палеорифта:

палеорифтовые зоны (грабены): 1 — Джалканский, 2 — Восточно-Хандыгский, 3 — Белореченский; черные кружки — ультраабазитовые интрузии

зон разрез девонских отложений, слабо проявленный базальтоидный магматизм, наличие комплекса щелочно-ультраосновных пород и карбонатов с редкометалльно-редкоземельным оруденением, широкое распространение магматических образований пикритовой и лампроитовой серий, спутники алмазов и находки самих алмазов. Именно потенциальная алмазоносность этой структуры определяет в настоящее время повышенный интерес к геологии Южного Верхоянья.

Таким образом, основная цель данной работы — рассмотрение условий формирования структуры Белореченской палеорифтовой зоны, особенностей ее магматизма и металлогении.

Белореченская палеорифтовая зона (рис. 2) расположена в юго-восточной части Сетте-Дабанского палеорифта. Она протянулась по правобережью р.Аллах-Юнь с юга на север от р.Леда до р.Тыры. Большая часть палеорифтовой зоны в настоящее время перекрыта терригенными отложениями верхоянского комплекса. Девонские рифтогенные образования этой зоны обнажены в узкой полосе шириной 5—25 км и протяженностью более 200 км. В современной структуре Сетте-Дабанского складчато-надвигового поднятия Белореченская зона расположена в зоне влияния долгоживущего Менкюленского глубинного разлома.

Последний простиранием 150 км был заложен, вероятно, уже в позднем силуре. На протяжении всего среднепалеозойского периода континентального рифтообразования в его зоне развивался сложно построенный Белореченский грабен (рис. 3, б), в котором накапливались девонские рифтогенные отложения, формировались комплексы основных и щелочно-ультраосновных магматических пород с редкоземельно-редкометалльным оруденением. Во время мезозойской коллизии (J_3-K_1) произошла регенерация глубинного разлома. В зоне его влияния ниже-среднепалеозойские терригенно-карбонатные породы были смяты в линейные приразломные складки, опрокинутые к юго-востоку (см. рис. 3, а). Складки сильно сжатые и изоклинные шириной 2—7 км и протяженностью десятки и сотни километров. Крылья складок на дневной поверхности имеют северо-западное падение под углом 35—70°, падение осевой плоскости складок составляет в большинстве случаев 45—50°. Складки ограничены опрокинутыми к юго-востоку взбросо-сдвигами с амплитудами 2—20 км. Интенсивность мезозойских коллизионных дислокаций такова, что вся Белореченская зона представляет собой сближенные тектонические чешуи, блоки, клинья, в которых заключены смятые в складки породы. Вент-нижекаменноугольные породы в Белореченской зоне интенсивно кливажированы и подвержены дислокационному метаморфизму зеленосланцевой фации. Причем на основном фоне хлорит-серицитовых метаморфических преобразований выделяются зоны метаморфического преобразования пород, отвечающие биотитовой и даже амфиболитовой субфациям [2]. В терригенных отложениях верхоянского комплекса, перекрывающих палеорифтовую зону, Менкюленский глубинный разлом проявился метаморфическими преобразованиями пород в полосе шириной 10—15 км, протянувшейся от р.Белая до р.Менкюле на 150 км и более. Терригенные породы в метаморфической зоне интенсивно смяты, кливажированы и преобразованы в условиях дислокационного метаморфизма серицитовой и хлорит-серицитовой субфаций, содержат многочисленные метаморфогенно-гидротермальные проявления золота. На правобережье среднего течения р.Тыры в зоне пересечения Менкюленского и Томпонского глубинных разломов расположен Амурский шток магматических карбонатитов предположительно раннемелового возраста.

В междуречье Левая Сахара—Леда Белореченская палеорифтовая зона осложнена Менджельским поперечным поднятием северо-западной (320°) ориентировки, образующим пологий свод шириной до 30 км и вертикальной амплитудой до 8 км. В гравитационном поле северо-восточная и юго-западная границы поперечного поднятия выделяются резким изгибом изомомал, интерпретируемых как глубинные расколы фундамента.

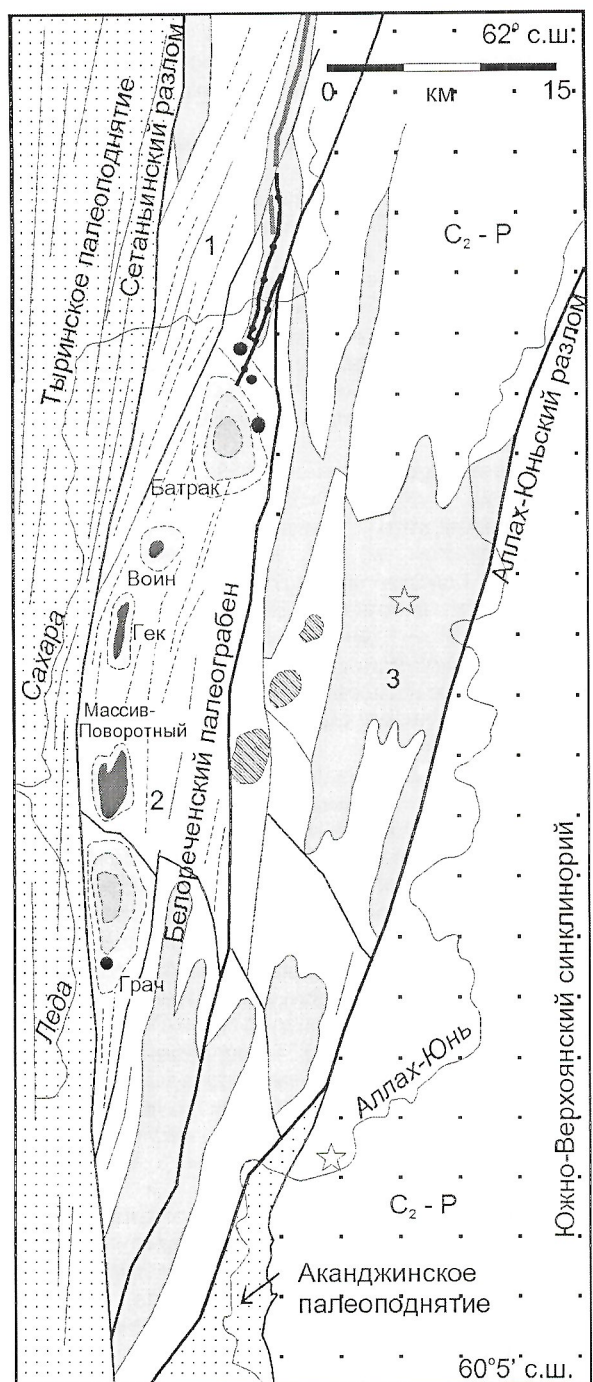


Рис. 2. Геологическое строение Белореченского палеогрabenа:

1 — кембрийско-силурийские отложения палеогрabenа; 2 — девон-турнейские карбонатно-терригенные отложения; 3 — кембрийско-силурийские отложения палеоподнятий; 4 — ореолы метасоматических карбонатов; 5 — щелочно-ультрабазитовые плутоны с карбонатами; 6 — диатремы, дайки и покровы лампроитов; 7 — покровы базальтов; 8 — дайки долеритов; 9 — дайки щелочных пикритов; 10 — щелочно-ультрабазитовые интрузии, предполагаемые по аэромагнитным данным; 11 — места находок алмазов; цифры на рисунке — палеоблоки: 1 — Бурхалинский, 2 — Лединский, 3 — Аллах-Юньский

На северо-восточном склоне поднятия отмечено погружение шарниров складок к северо-востоку под углами 5—30°. На юго-западном склоне поднятия погружение шарниров складок к юго-западу составляет 5—60°. В пределах поднятия закартированы фрагменты северо-западных сбросо-сдвигов с амплитудами 2—3 км, контролирующих размещение плутонов ультрабазитов «центрального» типа. Это позволяет предполагать заложение серии северо-западных магмоконтролирующих нарушений в среднепалеозойский период рифтообразования.

При проведенном в 1985—1990 гг. в междуречье Беляя—Юдома геологическом доизучении масштаба 1:50 000 было установлено, что девонские отложения этого района не распространены за выделенные нами границы Белореченской палеорифтовой зоны. С юго-востока палеорифтовая зона ограничена Аканджинским палеоподнятием, а с запада и северо-запада Улахским и Тиринским палеоподнятиями, сближенными во время мезозойской коллизии. Кроме того, установлено, что фациальный состав девонских отложений, магматизм и связанное с ним оруденение в разных тектонических блоках палеорифтовой зоны достаточно отличны друг от друга, в связи с чем внутри нее были выделены Бурхалинский, Лединский и Аллах-Юньский тектонические блоки, согласные с простираемостью зоны.

При изучении базальтоидного магматизма Сетте-Дабана в среднепалеозойский период было установлено, что Сетте-Дабанский палеорифт развивался полициклично [4]. Каждый цикл начинался тектоно-магматической активизацией, сопровождающейся заложением (или регенерацией) разломов и излияниями базальтовых лав, и заканчивался опусканием рифтового трога и накоплением в нем континентальных, прибрежно-морских и мелководно-морских отложений. Белореченская зона, являясь составной частью Сетте-Дабанского палеорифта, развивалась в тех же геодинамических условиях, что и другие палеорифтовые зоны [5]. Поэтому многофазовое формирование щелочно-ультраосновного комплекса магматических пород и карбонатов в ней мы связываем с импульсами тектономагматической активизации в пределах всего Сетте-Дабанского палеорифта.

Формирование Белореченской палеорифтовой зоны в девонско-раннекаменноугольный период произошло в течение пяти тектономагматических циклов.

Первый тектономагматический цикл (D_1 l—p—e₁) начался с заложения Лединского магмоконтролирующего разлома, а также конседиментационных разломов сбросового типа — Сетаньинского и Аллах-Юньского, определивших внешние границы палеорифтовой зоны. В зону Лединского разлома внедрились плутоны ультрабазитов «центрального» типа, размещение которых контролировалось серией поперечных к рифтовой зоне сбросо-сдвигов. Плутоны были сложены дунитами и перкнитами (роговообманковыми пироксенитами и горнблендитами). Наиболее крупный из Лединской группы плутонов — массив Поворотный (2,5 км²), обнажен среди венд-среднекембрийских отложений, массив Гек прорывает средне-верхнекембрийские толщи. Глубина становления плутонов составляет 5—6 км от палеоповерхности. По данным аэромагнитной съемки предполагается также наличие ряда нескрытых ныне плутонов «центрального» типа на границе Лединского и Аллах-Юньского блоков. Они фиксируются серией положительных магнитных аномалий (см. рис. 2). Вероятно, синхронно с внедрением плутонов ультрабазитов внедрялись дайки щелочных пикритов.

Завершился тектономагматический цикл блоковым опусканием рифтогенного трога. Белореченская зона в этот период представляла собой протянувшийся на сотни

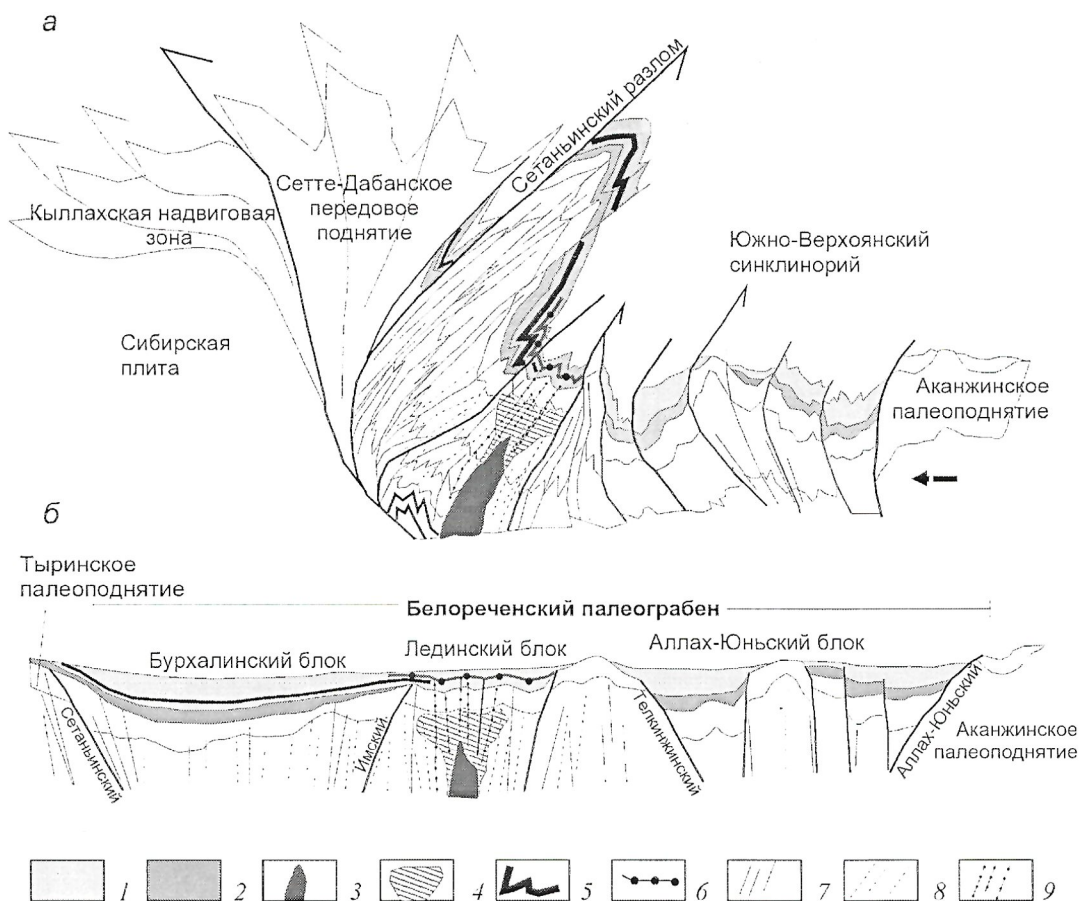


Рис. 3. Современная (а) и палеозойская (б) структуры Белореченского палеограбена:

образования: 1 — средне-верхнедевонские, 2 — нижнедевонские; 3 — щелочно-ультраосновные плутоны с карбонатитами; 4 — ореол метасоматических карбонатитов; покровы: 5 — базальтов, 6 — лампроитов; дайки: 7 — долеритов, 8 — щелочных пикритов, 9 — лампроитов и диатрем

километров субмеридиональный грабен. Ширина грабена в южной части составляла более 50 км, в северо-восточном направлении он расширился до 200 км, представляя собой открытый к северо-востоку залив обширного мелководного морского бассейна. В наиболее опущенных тектонических блоках Белореченской зоны накапливались нижнедевонские терригенно-карбонатные отложения сеттедабанской свиты (см. рис. 3, 4).

Сеттедабанская свита (D_{1sd}) несогласно перекрывает палеокарстовые образования позднесилурийской коры выветривания, развитой по карбонатным породам таяхской свиты нижнего силура и барабинской свиты верхнего ордовика. В Бурхалинском блоке она сложена в нижней части (100 м) темно-серыми и серыми известняками и доломитами, в средней части (200—350 м) тонким переслаиванием темно-серых известняков, алевролитов и аргиллитов с *Howeella jacutica* Aleks., *Taimyrhynch* cf. *taimyricus* (Nikif.) и др., в верхней части (250 м) серыми и темно-серыми доломитами с *Coenites* cf. *tikhensis* Koksche., *Favosites* cf. *robustus* Lec., *Scoliopora inconstans* Alchov., *Sguameofavosites rupestris* Smirn., *Pachyfavosites vijaicus* Jaanet. и др. Мощность свиты до 700 м. В Аллах-Юньском блоке сеттедабанская свита сложена в нижней части (250—300 м) толщей темно-серых известняков и доломитов с *Cladopora* ex gr. *rectilineata* Simpson., *Striatopora ichichatschewi* Peetr. и др., выше которых отмечено ритмичное переслаивание темно-серых известняков, алевролитов и аргиллитов видимой мощностью до 80 м.

В пределах палеорифтовой зоны отмечены постепенное сокращение мощности свиты на приближении к

палеоподнятиям и полное отсутствие отложений свиты на самих палеоподнятиях. Заложившиеся в начале цикла разломы имели конседиментационный характер, их амплитуда оценивается мощностью накопившихся отложений сеттедабанской свиты 400—700 м.

Второй тектономагматический цикл (D_{1-2e_2-gv}). Новая волна теплового потока, проявившаяся в позднем эмсе в пределах всего Сетте-Дабанского палеорифта, обусловила инверсионные движения земной коры и мощную тектономагматическую активизацию. Ее следствием стала регенерация и заложение новых разломов, внедрение в консолидированные плутоны дунитов и перкнитов первой фазы ультраосновных и основных фойдолитов (якупирангитов, мельтейгитов, уртитов и ийолитов). Завершился второй цикл медленным опусканием палеорифтовой зоны и заполнением ее фашиально различными отложениями розовской и широкоинской свит (см. рис. 4).

Розовская свита (D_{1-2rz}) распространена в пределах Бурхалинского и Лединского блоков. Она несогласно залегает на образованиях коры выветривания в Лединском блоке и несогласно перекрывает различные горизонты сеттедабанской свиты в пределах Бурхалинского. Свита сложена розовыми конглобрекциями, конгломератами, гравелитами и доломитами с *Scoliopora clara* (Yanet), *Gracilopora* aff. *angusta* Yanet., *Thamnopora* cf. *cervicornis* (Blainv.) и др. Мощность свиты 100—250 м. В северо-восточном направлении при удалении от Лединского блока заметно сокращается количество обломочных пород, и в ее разрезе начинают преобладать доломиты. В междуречье Бела́я—Ты́ры пестроцветные прибрежно-мор-

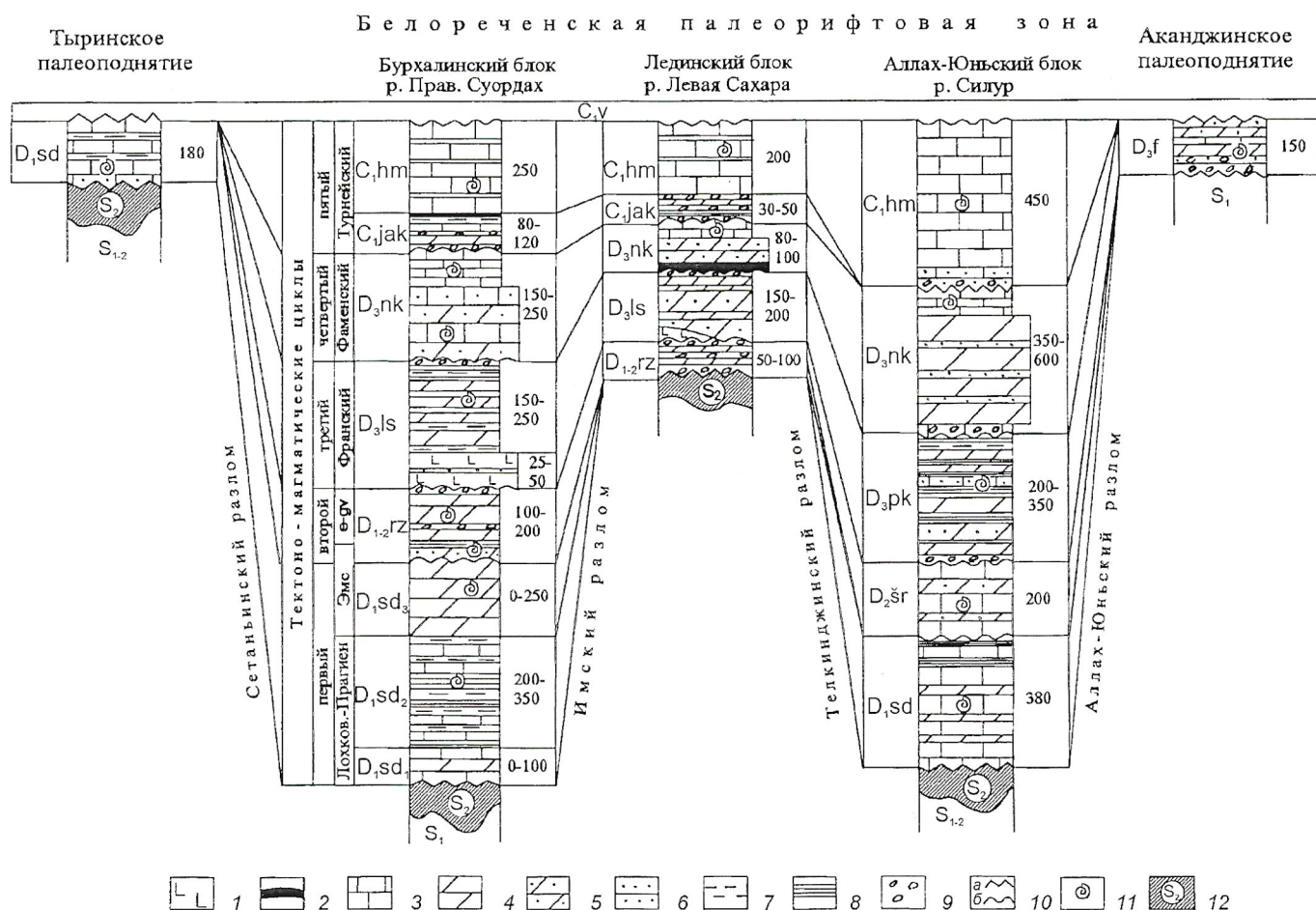


Рис. 4. Схема сопоставления разрезов Белореченской палеорифтовой зоны:

1 — базальты; 2 — эксплозии лампроитов; 3 — известняки; 4 — доломиты; 5 — доломитовые песчаники; 6 — песчаники; 7 — алевролиты; 8 — аргиллиты; 9 — конгломераты; 10 — границы несогласий (а — резкие угловые, б — стратиграфические перерывы); 11 — фаунистические сборы; 12 — палеокарстовые образования позднесилурийской коры выветривания

ские отложения розовской свиты постепенно фациально замещаются мелководно-морскими темно-серыми доломитами и известняками загадочинской свиты, широко развитыми в Восточно-Хандыгской зоне. Это подтверждает единство бассейна седиментации выделенных зон во время живетской трансгрессии.

В эмс-эйфельское время Аллах-Юньский блок вместе с Аканджинским палеоподнятием оставался областью размыва и лишь в живетское время, в завершение цикла, опускание рифтовой долины и обширная морская трансгрессия обусловили накопление в его пределах мелководно-морских отложений широкинской свиты.

Широкинская свита (D_2sr) распространена только в Аллах-Юньском блоке, где она несогласно залегает на отложениях сеттедабанской свиты. Свита сложена темно-серыми известняками и доломитами с *Coenites* cf. *tenella* Gurich., *Thamnopora* cf. *nicholsoni* (Frech.), *Scoliopora* cf. *denticulata* M.Edw et H., *Thamnopora* cf. *ramificata* Koks. Мощность свиты достигает 200 м.

Отложения розовской и широкинской свит не выходят за пределы границ палеорифтовой зоны. При этом отмечен преобладающий снос крупнообломочного терригенного материала в седиментационную палеорифтовую долину с юго-запада. Амплитуды конседиментационных разломов в течение цикла составляли 100—250 м.

Третий тектономагматический цикл (D_3f). Ранне-франская волна глубинного теплового потока обусловила восходящие движения земной коры и регенерацию ранних магмоподводящих и конседиментационных разломов. В

Лединском блоке в консолидированные плутоны ультрабазитов внедрились щелочные сиениты (рисчориты, миаскиты, тенсбергиты). Щелочные сиениты, прорывая ранние дуниты, перкниты и фойдолиты, наращивали внутренние и апикальные части плутонов. В этот период глубина формирования апикальных частей плутонического комплекса от палеоповерхности составляла 2—2,5 км. В надынтрузивных зонах плутонов терригенно-карбонатные породы были прорваны серией даек рисчоритов, миаскитов, тенсбергитов, фойдолитов и щелочных трахитов. Синхронно происходило внедрение трахидолеритов и излияние трахибазальтов.

Следствием тектономагматической активизации стало стабильное опускание палеорифтовой зоны и накопление в ее пределах вулканогенно-терригенно-карбонатных отложений левосахаринской и пикской свит.

Левосахаринская свита (D_3ls) трансгрессивно перекрыла подстилающие отложения розовской свиты в пределах Бурхалинского и Лединского блоков. В основании (25—90 м) свита сложена тремя покровами трахибазальтов, разделенными и перекрытыми зелеными и вишневыми туфоизвестняками, туфопесчаниками, туфоалевролитами, туфоконгломератами и туффитами базальтов. Выше по разрезу она сложена переслаиванием зеленых и зеленовато-серых известняков, алевролитов, аргиллитов, песчаников и доломитов с *Mucrospirifer novosibiricus* (Toll.), *Desquamatia tenuisulcata* (Wonjuk.). В разрезе свиты отмечены прослои пестрых конгломератов, гравелитов, косослоистых песчаников и белых ангидритов, а в кровле

появляются вишневые, сиреневые, зеленые туфоалевролиты, известняки и доломиты. Мощность свиты 90—300 м и увеличивается в северо-восточном направлении по простирацию зоны. Покровы базальтов максимальной суммарной мощностью 70 м отмечены преимущественно в Бурхалинском блоке. На приближении к Лединскому блоку мощность базальтов постепенно сокращается, они фрагментарно отмечены в северо-западной части Лединского блока и выклиниваются, а пестроцветные отложения розовской и левосахаринской свит сливаются в единую терригенно-карбонатную толщу.

Пикская свита (D_3pk) распространена в Аллах-Юньском блоке, где она с конгломератами в основании несогласно залегает на отложениях широкинской свиты. Свита представлена зеленоватыми и зеленовато-серыми доломитами, известняками и аргиллитами с *Coenites pinniformis* Koks. Максимальная мощность свиты 350 м. Фациальная смена отложений левосахаринской и пикской свит происходит постепенно вдоль простираения зоны конседиментационного Телкинджинского разлома. На приближении к Аканджинскому палеоподнятию мощность отложений сокращается до полного их выклинивания. Амплитуды конседиментационных разломов в течение третьего цикла составляли 100—350 м.

Четвертый тектономагматический цикл (D_3fm). Региональная волна глубинного теплового потока, начавшаяся в раннем фане, обусловила новую тектономагматическую активизацию. В Белореченской зоне она проявилась регенерацией ранних конседиментационных и магмоконтролирующих разломов. В зонах разломов, контролирующих ультраосновной магматизм палеорифтовой зоны, вблизи ультрабазитовых плутонов началось формирование щелочно-ультраосновных субвулканических и вулканических образований. Субвулканические образования представлены дайками и диатремами, выполненными эруптивной брекчией лампроитов, прорывающих средне-верхнеордовикские, силурийские и, вероятно, девонские отложения. Вулканические породы представлены горизонтами эксплозивно-обломочных лампроитов.

Завершился тектономагматический цикл обширной морской трансгрессией, охватившей всю палеорифтовую зону, в которой началось накопление осадочных отложений накалинской свиты.

Накалинская свита (D_3nk) с угловым и стратиграфическим несогласием трансгрессивно перекрывает нижележащие девонские отложения. В нижней части свита представлена светло-серыми, желтоватыми и зеленоватыми доломитами, доломитовыми и полевошпат-кварцевыми песчаниками и известняками с *Cyrtospirifer* ex gr. *archiaci* (Vern.), в верхней части она сложена преимущественно темно-серыми, белыми, зеленоватыми и розово-серыми известняками с *Cyrtospirifer* cf. *asiatica* (Brice), *C.* ex gr. *archiaci* (Murch.) и др. В Лединском блоке в бассейне р. Левая Сахара в основании свиты расположены горизонты ксенотуфов, ксенолав оливин-лейцитовых и флогопит-лейцитовых лампроитов мощностью 40—50 м. Отличительная особенность отложений нижней части накалинской свиты в Аллах-Юньском блоке — прослой и пласты кварцевых и кварц-полевошпатовых песчаников. Мощность свиты от 100 до 600 м.

Фаненские отложения не распространены за пределы палеорифтовой зоны, их мощность постепенно сокращается на приближении к внешним палеоподнятиям — Тыринскому и Аканджинскому. Амплитуда конседиментационных разломов в течение четвертого цикла 100—600 м.

Пятый тектономагматический цикл (C_1t-v). Раннетурнейская волна глубинного теплового потока обусловила интенсивные инверсионные движения в пределах всего Сетте-Дабанского палеорифта. С этим

этапом в Белореченской палеорифтовой зоне, вероятно, можно связывать формирование карбонатитового комплекса, т.к. процессы метасоматической карбонатитизации накладываются на все ранее сформированные магматические породы. Регенерация магмоподводящих разломов обусловила внедрение внутри ультраосновных плутонов магматических карбонатитов [5], образование метасоматических апопироксенитовых кальцитовых, доломит-кальцитовых и анкеритовых карбонатитов и формирование обширного ореола метасоматической карбонатитизации в надынтризвивных зонах плутонов. С этим этапом связано формирование редкоземельно-редкометалльного оруденения Белореченской палеорифтовой зоны.

В этот же период произошла регенерация ранних конседиментационных разломов, ограничивающих как палеорифтовую зону в целом, так и отдельные тектонические блоки внутри нее. В пределах палеорифтовой долины резко обособилась центральная часть Аллах-Юньского блока. Она была выведена на поверхность и наряду с ограничивающими зону палеоподнятиями представляла собой внутреннюю область интенсивной палеодеградации. Остальная часть Белореченской зоны заполнялась пестроцветными моласоидными отложениями янской свиты.

Янская свита (C_1jak) несогласно залегает на различных горизонтах накалинской свиты. Она сложена чередованием пестроцветных конгломератов, гравелитов, песчаников, доломитов, алевролитов и аргиллитов мощностью 30—120 м. В пестроцветных конгломератах свиты отмечены обломки щелочных пород ультрабазитового комплекса. На южном окончании палеорифтовой зоны мощность янской свиты увеличивается до 300 м, а в основании свиты залегает пачка (100 м) валунных конгломератов, сложенных преимущественно верхнеордовикско-силурийскими породами тасканской серии. Снос обломочного материала происходил как с Аканджинского, так и с Улахского палеоподнятий, обрамляющих южную часть Белореченской зоны.

В позднеюрнейское время трансгрессия охватила всю палеорифтовую зону, и в ее пределах началось накопление мелководных отложений хамамытской свиты.

Хамамытская свита (C_1hm) сложена серыми обломочными и органогенно-обломочными известняками (калькаренидами), содержащими тонкие прослой кремнистого состава. В местах резко несогласного залегания в основании свиты отмечена пачка мощностью до 50 м, сложенная конглобрекчиями, конгломератами, обломочными известняковыми косослоистыми песчаниками. Мощность свиты 250—450 м. В пределах Лединского и Бурхалинского блоков хамамытская свита без видимого несогласия залегает на пестроцветных обломочных отложениях янской свиты и резко несогласно на различных горизонтах размытой палеоповерхности девонских отложений в Аллах-Юньском блоке.

Завершился пятый цикл обширной трансгрессией территории всего Сетте-Дабанского палеорифта и накоплением глубоководных турбидитных отложений куранахской толщи, перекрывшей и Белореченскую палеорифтовую зону, и ограничивающие ее палеоподнятия.

Куранахская толща (C_1kr) в пределах Белореченской зоны сложена в нижней части (300 м) ритмичным переслаиванием известняков, алевролитов и аргиллитов, в средней части (150—400 м) известковистыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами, олистограммами, в верхней части (100—350 м) ритмичным переслаиванием известняков, алевролитов и аргиллитов. Мощность свиты 550—1050 м. В пределах Аканджинского палеоподнятия куранахская толща мощностью до 500 м сложена

известковистыми песчаниками, известняками, алевролитами и аргиллитами, содержащими прослои и пласты конгломератов. В пределах Тыринского палеоподнятия в нижней части куранахской толщи (125 м) отмечены олистостромы, верхняя часть (360 м) представлена тонким флишем с отчетливой градиационной слоистостью. Комплекс фораминифер, табулят и брахиопод, собранный в куранахской толще, подтверждает позднетурнейский—визейский возраст вмещающих отложений.

Таким образом, к концу пятого тектономагматического цикла Белореченская палеорифтовая зона уже представляла собой сложно построенную блоковую структуру с конседиментационной складчатостью, осложненной конседиментационными и магмоконтролирующими разломами сбросового типа (см. рис. 2, б). Амплитуда конседиментационных разломов к этому времени достигала 1,5—2,2 км.

На рубеже нижнего—среднего карбона пятый тектономагматический цикл сменился стабильным пострифтовым опусканием территории всего Южного Верхоянья, в пределах которого образовался открытый к северу обширный залив Верхоянского субокеанического бассейна. На протяжении от среднего карбона до средней юры включительно в Верхоянском субокеаническом бассейне формировались терригенные отложения «верхоянского комплекса», характеризующие развитие территории в обстановке пассивной континентальной окраины.

В течение всего девонско-раннекаменноугольного периода континентального рифтообразования Белореченская зона ограничивалась Аканджинским, Тыринским и Улахским палеоподнятиями.

Аканджинское палеоподняние, ограничивающее Белореченскую зону с юго-востока, с позднего силура до раннего карбона оставалось областью размыва. Лишь в периоды обширных морских трансгрессий в его пределах накапливались верхнедевонские отложения небольшой мощности. Отложения нижнекаменноугольной куранахской толщи трансгрессивно перекрывают размытую поверхность ордовикских, силурийских и фрагменты верхнедевонских отложений этой палеоструктуры.

Тыринское палеоподняние, ограничивающее Белореченскую зону с северо-запада, выделяется на правобережье р.Тыра по несогласному залеганию отложений нижнекаменноугольной куранахской толщи на размытой палеопереходной поверхности нижнедевонской сеттедабанской свиты. Кроме того, на приближении к палеоподнятию мощность девонских отложений Бурхалинского блока Белореченской зоны постепенно сокращается от 1200 до 250 м.

Улахское палеоподняние протянулось с севера на юг вдоль Бурхалинского глубинного разлома, в зоне которого на севере Сетте-Дабана формировалась Джалканская палеорифтовая зона. На протяжении всего периода континентального рифтообразования Улахское палеоподняние представляло собой область интенсивной палеоденудации. Рифтогенные процессы проявились в нем образованием долеритового дайкового пояса, протянувшегося на 350 км. На размытой палеопереходной поверхности кембрийских и ордовикских отложений Улахского палеоподнятия несогласно залегают средневерхнекаменноугольные и пермские терригенные отложения «верхоянского комплекса».

Магматические образования Белореченской палеорифтовой зоны разделены на Сеттедабанский, Лединский и Левосахаринский комплексы.

Сеттедабанский субвулканический комплекс представлен субвулканическими дайками трахидолеритов и долеритов, являющимися комагматами покровов трахибазальтов и базальтов Сетте-Дабанского палеорифта. Они образуют структурные дайковые пояса внутри палеорифтовой зоны и на ограничивающих ее палеоподнятиях.

Лединский плутонический комплекс объединяет многофазные щелочно-ультраосновные плутоны с редкоземельно-редкометалльными карбонатитами. Вскрытые эрозией плутоны достаточно хорошо изучены [6], не вскрытые фиксируются полями 2,5×5 км карбонатитизированных пород в надынтрузивных зонах плутонов. Метасоматическая карбонатитизация в надынтрузивных зонах представлена амфибол-доломит-кальцитовой и анкеритовой фациями. С первой связана редкометалльная минерализация (пироксид, колумбит, неопределенный тантал-ниобат) и апатит. С анкеритовой фацией связана в основном редкоземельная минерализация — бастнезит, паризит и др.

Левосахаринский комплекс представлен гипабиссальными, субвулканическими и вулканическими образованиями, среди которых выделяются пикритовая и лампроитовая серии. Первая представлена гипабиссальными дайками и субвулканическими диатремами щелочных пикритов, которые образуют дайковый пояс, протянувшийся в северо-восточном направлении от широтного отрезка р.Аллах-Юнь до р.Белая на 150 км и более. Ширина дайкового пояса в современной структуре составляет 10—15 км, а насыщенность ими кембрийских и нижне-среднеордовикских отложений достигает десятков на 1 км. При этом отмечена пространственная связь дайков щелочных пикритов с нескрытыми ультрабазитовыми плутонами.

Дайки образуют крутозалегающие тела мощностью до 5 м и протяженностью 0,5—2 км. Они отмечены в разрезе осадочной толщи от кембрия до кровли лабыстаской свиты среднего ордовика. В современной структуре дайки щелочных пикритов расположены преимущественно в зоне развития опрокинутой изоклиальной складчатости и динамотермального метаморфизма зеленосланцевой фации, и чаще представляют собой непротяженные (0,2—2 м) линзовидные будины мощностью до 1,5 м, рассеченные лестничными кварцевыми жилами (1—30% объема породы). По отношению к вмещающим породам щелочные пикриты занимают преимущественно крутосекущее положение. В изоклиальных крыльях складок будины щелочных пикритов имеют тектонические контакты, часто ориентированы по направлению кливажных трещин то круче слоистости в нормальных крыльях структур, то положе в опрокинутых. Иногда наблюдаются субпластовые апофизы от секущих тел. Диатремы щелочных пикритов формируют изометричные в плане тела, размером 0,1—0,2 км.

Внешне щелочные пикриты представляют собой темную зеленовато-серую породу с вкрапленностью зеленых слюд, размером 0,1—10 мм. Структура пород порфировидная, порфировая, гломеропорфировая, серийно-порфировая. Вкрапленники, размером 0,3—8 мм, составляют 50—80% породы и представлены в основном оливином (более 25%), клинопироксеном (более 25%), биотитом и флогопитом (1—30%), титанистой роговой обманкой (1—30%), лейцитом (до 10%), содалит-гаюином (до 10%), мелилитом (до 30%), нефелином (до 20%). Основная масса соответствует составу вкрапленников. Текстура пород массивная, нередко атакситовая, брекчиевидная, брекчиевая, отмечены обломки карбонатных пород, оплавленные кристаллокласты оливина, магнетита, стекла, серпентинизированные и карбонатизированные обломки ультраосновных пород (дунитов—перидотитов). Акцессорные минералы представлены магнетитом, титаномангнетитом, ильменитом (2—3%), ортитом (2—3%), лейкоксен-сфеновыми агрегатами (5—15%), хромитом, апатитом. При петрографическом изучении выделяются биотит-пироксеновые, мелилит-пироксеновые и фельдшпатоидные разновидности щелочных пикритов. При этом при содержании в породе мелилита до 30%

(мелилита больше нефелина) возникают переходные разности к оливиновым мелилитам, альнеитам. При преобладании в породе нефелина, лейцита, содалита-гаюина и уменьшении содержания оливина возникают переходные разности к мончикитам и оливиновым меланефелинитам.

В результате интенсивного метасоматоза и динамотермального метаморфизма зеленосланцевой фации первично щелочные пикриты интенсивно изменены, часто полностью преобразованы в лейкоксенизированные слюдисто-карбонатные и карбонатные метасоматиты гетеролепидогранобластовой структуры, внутри которых выделяются лестничные жилы метасоматического кварца. Порфиновые вкрапленники первичных минералов (оливина, пироксена) сохраняют реликтовую структуру, хорошо различимую благодаря первичным идиоморфным и гипидиоморфным очертаниям, подчеркнутым темно-бурой и черной каймой рудных железо-титанистых минералов. Псевдоморфозы оливина сложены гранобластовым мозаичным агрегатом карбоната (доломита, анкерита, железистого кальцита и кальцита 50—90%), иногда серпентина и талька. Реже выделяются гомоосевые псевдоморфозы по пироксенам, представленные полиминеральными карбонатными агрегатами с хлоритом, кварцем, метасоматическим биотитом, мусковитом и флогопитом (1—30%). Мозаичные псевдоморфозы вкрапленников резко выделяются на фоне микрозернистой лепидогетерогранобластовой основной массы, часто первично гипокристаллической, которая сложена тонким агрегатом карбоната с хлоритом, кварцем, биотитом, пропитана темно-бурой сфен-лейкоксеновой пылью. В метасоматически преобразованных щелочных пикритах установлен значительный вынос SiO_2 , K_2O , TiO_2 , MgO и привнос CaO , CO_2 .

По микропримесному составу в метапикритах выделяется ассоциация типоморфных литофильных элементов: хром, кобальт, никель, марганец, а также галлий, ванадий, титан, олово. По сравнению с другими магматическими образованиями территории все метапикриты характеризуются повышенными содержаниями титана (до 1%), хрома ($5\div 70$) 10^{-3} % и никеля ($20\div 10^{-3}$ %), а также ниобия, циркония, скандия, галлия, бария, стронция, фтора, фосфора, бериллия, лития и легких элементов группы редких земель. По железистости (Кф 31—51) они сходны с дунитами-гарцбургитами массива Поворотный.

Метапикриты обнаруживают сходство микропримесного, петрохимического и петрографического составов с железистыми низкомагнезиальными кимберлитами Восточной Сибири, а их фельдшпатоидные разновидности с оливиновыми лампроитами Западной Австралии [1].

Лампроитовая серия объединяет субвулканические дайки, диатремы и горизонты взрывно-обломочных пород франско-фаменского уровня. Пространственно магматические образования лампроитовой серии связаны с не вскрытыми plutонами ультрабазитов и выделялись ранее как лейцитовые мелафонолиты, флогопитовые мелалайцититы, туфы калиевых трахитов и трахисениит-порфиров. Они установлены на левобережье р.Левая Сахара в междуречье Габбро—Батрак и на правобережье р.Леда. Дайки протяженностью 1,5—2 км, мощностью 2—35 м. Диаметр диатрем 2—500 м. Они выполнены оливин-, оливин-флогопит-, флогопит-лейцитовыми и лейцитовыми лампроитами, представляющими собой массивные порфиновые породы и эруптивные брекчии.

Массивные порфиновые и порфировидные лейцитовые и оливин-лейцитовые лампроиты представляют собой зеленоватую породу с вкрапленниками (50—60%) лейцита, ортоклаза, ортоклаза-пертита, оливина, диопсида и амфибола, заключенными в основную массу того же

состава. Структура основной массы микробостонитовая, аллотриоморфнозернистая, криптокристаллическая до гипокристаллической, призматическая и сферолитовая. Акцессорные и рудные минералы: магнетит, титано-магнетит, ильменит, рутил, сфен, анатаз, апатит, циркон, монацит, ортит, перовскит, редкоземельные карбонаты.

Эруптивные брекчии лампроитов представляют собой разнообломочные ксенотуфы, ксенокластолавы, ксеноигнимбриты светло-серого цвета с желтоватым и розовым оттенками, определенные как оливин-лейцитовые, лейцитовые и флогопит-лейцитовые лампроиты. Обломки пород остроугольные, рваные, оплавленные, размером от 0,01 см до 0,5 м. Количество обломков составляет 2—70%. Представлены они доломитами, туфодоломитами, ксенотуфами с апатитом, метасоматитами, пикритами, щелочными сиенитами и трахитами с эгирином, щелочным стеклом и туфобрекчиями. Обломки сцементированы измененным щелочно-полевошпатовым, трахитовым цементом, в котором отмечены интракласты (размером 3—10 мм) калиевого полевого шпата, флогопита и мелкие вкрапленники оливина, ортоклаза, альбита, эпидейрита, нефелина, канкринита, диопсида, эгирина, апатита и биотита. Структура пород псефито-псамитовая, псефитовая, литокристаллокластовая, порфирокластическая, порфировая. Текстура брекчиевая, микробрекчиевая, кластическая, атакситовая. Акцессорные и рудные минералы представлены магнетитом, титано-магнетитом, ильменитом, рутилом, сфеном, цирконом, лейкоксеном, монацитом, гематитом, галенитом и целестином. В пределах полей метасоматической карбонатитизации эруптивные брекчии вместе с вмещающими породами подвержены вторичным преобразованиям. Вторичные минералы: серицит, мусковит, альбит, микроклин, доломит, железистый кальцит, анкерит, флюорит, барит, биотит.

Горизонты взрывно-обломочных пород, относимых к лампроитовой серии, установлены на границе франско-фаменских отложений по р.Левая Сахара. Они имеют мощность до 50 м при протяженности первые километры и сложены красочными ксенолокластитами и зелеными ксенокластолавами, ксеноигнимбритами, ксенотуфами и спекшимися туфами, представляющими собой взрывную фацию оливин-лейцитовых, оливин-флогопит-лейцитовых лампроитов. Обломки пород в них представлены туфами калиевых трахитов, щелочно-полевошпатовыми и биотитовыми сиенитами, бостонитами, туффитами, пепловыми туфами трахитов, щелочным стеклом, щелочными пикритами, диабазами, кварцем и осадочными карбонатными породами, сцементированными измененным трахитовым цементом. Структура пород кластоластовая, брекчиевая, пепловая. Текстура пузырчатая, полосчатая, флюидальная. Акцессорные и рудные минералы: титано-магнетит, магнетит, гематит, сфен, лейкоксен, рутил, циркон, ортит, монацит. Присутствуют интракласты опациitized оливина и магнетита. Вторичные минералы представлены микроклином, доломитом, железистым кальцитом, анкеритом, флюоритом, лейцитом, биотитом, баритом, мусковитом и серицитом.

Микропримесный состав субвулканических и вулканических пород лампроитовой серии характеризуется ассоциацией типоморфных литофильных элементов: титана, ниобия, ванадия, кобальта, никеля, галлия, бария, стронция, лития, марганца, молибдена и легких элементов группы редких земель.

Химический, минеральный и микропримесный составы пород Левосахаринского комплекса довольно разнообразны и изменяются в широких пределах даже в одном и том же магматическом теле (таблица). Понятие «средний состав» для них не является однозначным. Породы,

Оксид	Содержание оксидов, %						
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	13—40	43—46,8	47,7	25,4	37,6	20,1—29,5	35—53
TiO ₂	2—5,5	0,5—5	0,4	0,62	1,7	1,67—5	2,5—8,5
Al ₂ O ₃	1,65—9,4	16,7—19,3	19,5	6,51	12,3	3,7—7,7	2—7
Fe ₂ O ₃	0,4—6,2	2,9—3,55	1,9	0,41	1	1,27—4,7	4—11
FeO	4,2—11,5	2,1—2,66	1,2	2,59	1,64	1,44—6,1	0,2—4
MnO	0,05—0,4	0,1—0,2	0,3	0,17	0,05	0,13—0,24	0,01—0,2
MgO	8—17,8	5—5,5	3,6	10,5	8,75	10,5—15,6	6—28
CaO	13—30	2,1—6	4,8	20	11,87	13—21,3	2—6
Na ₂ O	0,02—2	0,2—0,4	0,3	0,41	0,43	0,1—1,3	0,2—0,7
K ₂ O	0,02—4,7	10,3—11,8	11,4	5,44	5,76	1,8—10	2,5—11
P ₂ O ₅	0,3—3,8	0,3	0,1	0,62	0,18	0,6—1,7	1—2,5
SO ₃	0,1—2,8	0,1	0,1	0,79	0,78	0,2—0,4	—
CO ₂	9,3—33,8	—	—	—	16,3	16,7—30,3	0,1—3
П.п.п.	0,1—3,4	3—8	8,8	26,5	1,78	0,1—2,4	1—4
Число анализов	30	8	1	1	1	6	—

Примечание: 1 — дайки щелочных пикритов; 2 — дайки порфировых оливин-лейцитовых и лейцитовых лампроитов; 3 — шток порфировых лейцитовых лампроитов на правом берегу р. Габбро; 4—5 — эруптивные брекчии оливин-флогопит-лейцитовых лампроитов в диаметрах по р. Габбро; 6 — эксплозивные лампроиты в основании фаменских отложений по р. Левая Сахара; 7 — лейцитовые и оливиновые лампроиты Западной Австралии [1].

определенные нами как оливин-лейцитовые, оливин-флогопит-лейцитовые и лейцитовые лампроиты, слагающие дайки, трубки взрыва и эксплозивные тела, обнаруживают сходство с алмазонасными лампроитами Западной Австралии [1]. Кроме того, к лампроитам близки и фельдшпатоидные разновидности щелочных пикритов. С выходами этих пород пространственно ассоциируют находки алмазов и их спутников. Поэтому при дальнейших целенаправленных исследованиях пород пикритовой и лампроитовой серий возможно выделение и собственно оливиновых разновидностей лампроитов, являющихся основным источником алмазов Западного Кимберли.

На потенциальную алмазонасность Сетте-Дабанского палеорифта впервые обратил внимание К.К. Левашов [3]. Анализируя особенности строения и развития Далдыно-Алакитского и Мало-Ботубинского алмазонасных районов Якутии, богатейшие алмазонасные месторождения которых связаны со среднепалеозойской тектоно-магматической активизацией, он пришел к выводу, что перспективы алмазонасности Сетте-Дабанского палеорифта необходимо связывать с гипабиссальными и эффузивными фациями щелочно-ультраосновных пород. Именно таковыми являются выделенные пикритовая и лампроитовая серии щелочно-ультраосновных пород Белореченского палеорифта.

При крупномасштабном доизучении междуречья Белая—Юдома (1985—1990 гг.) в ручьях, дренирующих выходы щелочно-ультраосновных пород пикритовой и лампроитовой серий, нами было проведено шлиховое опробование. В аллювии фиксировались ильменит, титаномагнетит, магнетит, гранат, циркон, рутил, муассонит, хромит, колумбит, пироксенол, перовскит, апатит, монацит, бастнезит-паризит и др. Кроме того, в бассейне р. Сахара были отобраны семь минералогических проб, объемом 1 м³ каждая. В трех из них (по ручьям Леда, Вой, Батрак) были обнаружены пикроильменит и хромшпинелиды. Характер поверхности минералов, угловатые и колотые зерна показывают, что транспортировка их от места первичного залегания была весьма незначительной. В 1995 г. в долине р. Аллах-Юнь на участке, пересекающем Белореченскую зону, при

дражной отработке россыпи золота был обнаружен алмаз массой 2,95 карата. Кроме того, известны устные сообщения о находках алмазов на правом берегу р. Аллах-Юнь при старательской отработке золотоносных россыпей в бассейне р. Силур, дренирующей Лединский и Аллах-Юньский блоки палеорифтовой зоны. Все это указывает на потенциальную алмазонасность магматических образований Белореченской зоны, которые до настоящего времени остаются не изученными в этом отношении. Перспективы обнаружения алмазов в этой структуре могут быть связаны именно с лампроитовой серией щелочно-ультраосновных пород, на что и хотелось бы обратить внимание читателя в данной работе.

Рассмотрев основные особенности формирования Белореченской палеорифтовой зоны, можно сделать следующие выводы.

1. Заложение Белореченской зоны Сетте-Дабанского палеорифта произошло в пределах зоны влияния Менкюленского глубинного разлома, заложенного на рубеже позднего силура—раннего девона.

2. Формирование Белореченской зоны проходило в девонско-раннекаменноугольный период континентального рифтогенеза в течение пяти тектономагматических циклов.

3. Белореченская зона представляла собой протягивающийся на сотни километров грабен шириной 50—200 км, обрамленный Тыринским и Аканджинским палеоподнятиями. В пределах палеорифтовой зоны накапливались толщи девон-нижнекаменноугольных (турнейских) отложений мощностью 650—1800 м. На палеоподнятиях девонские отложения либо вовсе отсутствуют, либо представлены отдельными фрагментами с резко сокращенной мощностью отложений.

4. Рифтогенные разломы, ограничивающие и осложняющие грабен, представляли собой типичные сбросы с суммарной за весь период рифтогенеза вертикальной амплитудой 0,7—2,5 км. Они имели магмоконтролирующий и конседиментационный характер.

5. В процессе заполнения палеорифтовой зоны девон-нижнекаменноугольными отложениями сформировалась конседиментационная складчатость, в последующем

трансгрессивно перекрытая терригенными отложениями «верхоянского» комплекса.

6. В пределах палеорифтовой зоны лишь на франском уровне отмечен слабо проявленный базальтоидный магматизм. Установленная в пределах Сетте-Дабана прямая зависимость богатства оруденения в медистых песчаниках от интенсивности проявления базальтоидного магматизма определяет бесперспективность структуры в отношении обнаружения месторождений медистых песчаников.

7. Плутоны ультрабазитов представляют собой сложный многофазный комплекс рифтогенных щелочно-ультраосновных пород с карбонатитами и промышленным редкоземельно-редкометалльным оруденением.

8. В Белореченской палеорифтовой зоне выделены пикритовая и лампроитовая серии магматических пород гипабиссальной, субвулканической и вулканической фаций. Оливин-лейцитовые, оливин-флогопит-лейцитовые, лейцитовые лампроиты и фельдшпатоидные щелочные пикриты обнаруживают сходство химического, минерального и микропримесного составов с алмазонасными лампроитами Западной Австралии. Наличие пород лампроитовой серии, а в ручьях, дренирующих выходы этих пород, алмазов и их спутников определяет в настоящее время потенциальную алмазонасность Белореченской палеорифтовой зоны.

9. Наблюдая интенсивные метаморфические преобразования пород во время мезозойской коллизии в зонах регенерированных среднепалеозойских глубинных разломов, т. е. в палеорифтовых зонах, закономерно было бы предполагать наличие в зоне Минорского глубинного разлома Горбинской палеорифтовой зоны, скрытой под толщей терригенных отложений «верхоянского комплекса». Вероятно, девонские отложения, расположенные на южном окончании Минорского разлома (левобережье р.Юдома, верховья р.Горби), и есть южное окончание предполагаемой палеорифтовой зоны. Аналогичное пред-

положение можно сделать и для зоны Аллах-Юньского разлома. Вполне может быть, что Аллах-Юньский блок Белореченской зоны, отличающийся особым фаціальным типом девонских отложений, является самостоятельной палеорифтовой зоной, тектонически сближенной с Белореченской зоной во время коллизии.

Таким образом, на основании рассмотрения истории развития Южного Верхоянья в среднем палеозое можно утверждать, что с рифтогенными процессами, проходившими в пределах Сетте-Дабанского палеорифта, связаны промышленные месторождения медистых песчаников, самородная медь в базальтах, редкоземельно-редкометалльные месторождения в карбонатитах и, кроме того, имеются предпосылки для обнаружения месторождений алмазов в породах лампроитовой серии. Выделенная Белореченская палеорифтовая зона определяет территорию поисков коренных и россыпных алмазонасных объектов, а рассмотренные особенности развития ее структуры и магматизма могут служить отправным моментом для прогнозирования и дальнейших исследований в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии. — М.: Мир, 1989.
2. Кокин А.В., Андрианов Н.Г. Золоторудная минерализация юго-восточной Якутии с позиций тектоно-фациального анализа // Тектонофаии и геология рудных объектов. Алма-Ата, 1989. С. 15—29.
3. Левашов К.К. Проблема алмазонасности Сетте-Дабана // Докл. АН СССР. 1970. Т. 195. № 2. С. 426—428.
4. Левашов К.К. Палеорифтовая структура восточного обрамления Сибирской платформы // Советская геология. 1977. № 10. С. 59—75.
5. Сагир А.В. Особенности развития и металлогения Сетте-Дабанского палеорифта // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 4. С. 740—745.
6. Энтин А.Р., Зайцев А.И., Лазебник К.А. и др. Карбонатиты Якутии (вещественный состав, минералогия). — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1991.

УДК 553.495(477)

© А.В.Тарханов, 2001

Возможности использования принципа аналогии при прогнозировании месторождений урана на примере Центрально-Украинской урановорудной провинции

А.В.ТАРХАНОВ (ВНИИХТ)

В основе методов прогнозирования рудных месторождений, разрабатываемых большинством исследователей, лежит принцип аналогии. Он заключается в попытках отыскания на изучаемой территории участков с геологической обстановкой, близкой к детально изученным эталонным месторождениям. При этом могут использоваться не только геологические, геофизические и геохимические карты различных масштабов, но и результаты дистанционных наблюдений и измерений с воздуха и из космоса. Использование этого принципа позволило выявить множество, в т.ч. и очень крупных рудных месторождений. Однако анализ результатов беспрецедентных по масштабам поисковых работ на уран, проведенных за последние 50 лет на территории бывшего СССР, свидетельствует о том, что в некоторых урановорудных провинциях этот принцип не только не способствовал, но и препятствовал открытию новых месторождений. Весьма поучительна в этом отношении история открытия месторождений урана в Центрально-Украинской урановорудной провинции, в изучении которых мы в течение более 30 лет принимали непосредственное участие. Геологоразведочные работы на уран про-

водились на Украинском кристаллическом щите с 1945 г. силами ГГП «Кировгеология», геологоразведочными партиями ВостГОК с участием многих научно-исследовательских организаций. Довольно полный перечень трудов исследователей, занимающихся этой проблемой, приведен в работе [2]. В результате была выявлена и изучена одна из крупнейших в мире урановорудных провинций. В данной статье отмечены положительные и отрицательные стороны применения при прогнозировании урановых месторождений принципа аналогии в конкретном хорошо изученном регионе. Предварительно необходимо остановиться на краткой характеристике провинции и месторождений, расположенных на ее территории.

Урановорудная Центрально-Украинская провинция охватывает мобильный раннепротерозойский протогоеосинклинальный пояс, пересекающий Украинский щит (УЩ) в меридиональном направлении и ограниченный Криворожско-Кременчугским и Бугско-Мироновским глубинными пограничными разломами (рис. 1). С запада и востока от мобильного пояса расположены ядра архейской консолидации, состоящие из блоков плагиогранитов и разделяющих их зеленокаменных поясов, сложенных

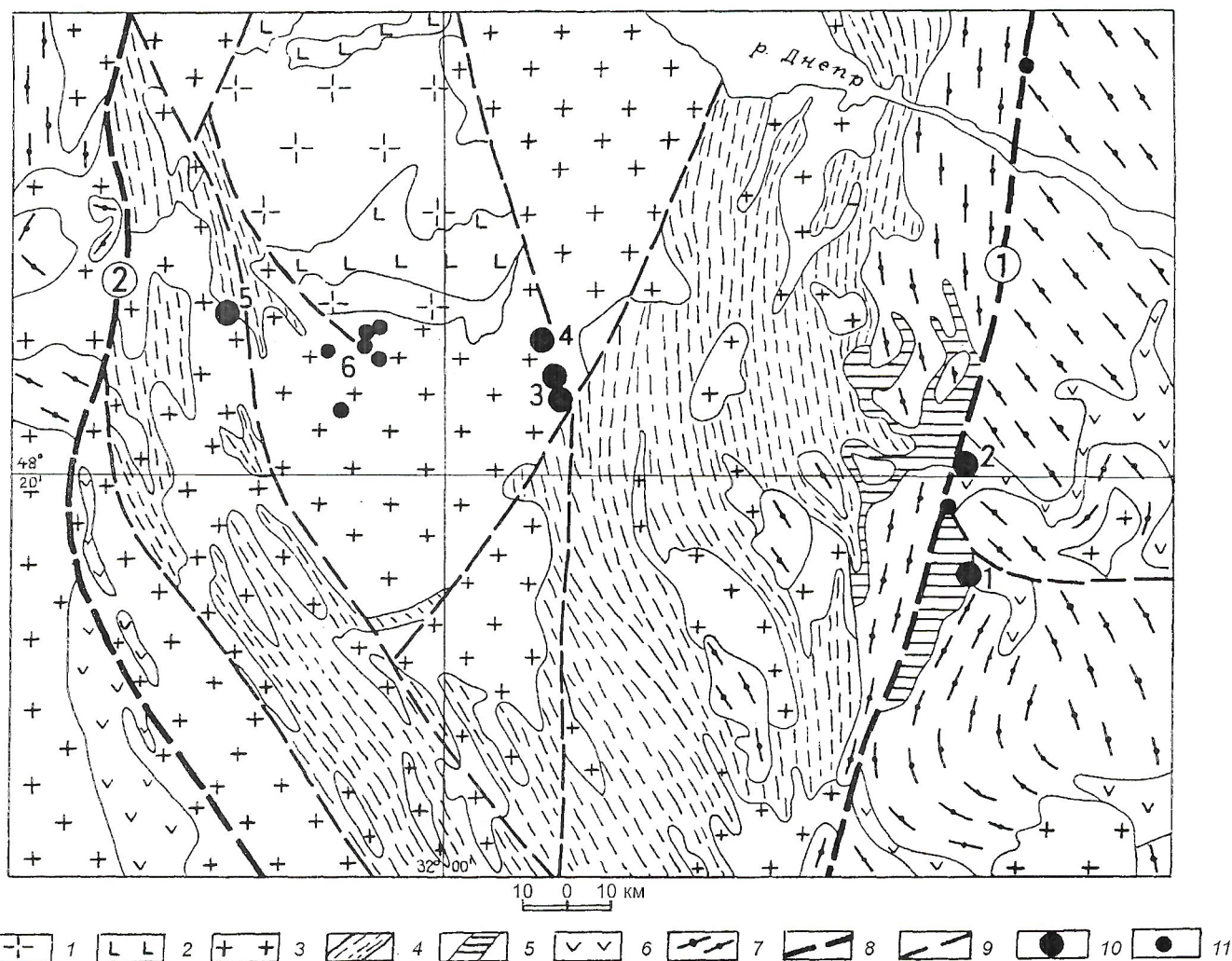


Рис. 1. Центрально-Украинская урановорудная провинция:

1 — граниты рапакиви; 2 — ультраосновные породы Корсунь-Новомиргородского плутона; 3 — раннепротерозойские калиевые граниты; 4 — биотитовые гнейсы; 5 — породы железорудной формации; 6 — архейские амфиболиты; 7 — то же, плагиограниты; 8 — пограничные глубинные разломы (цифры в кружках: 1 — Криворожско-Кременчугский, 2 — Бугско-Мироновский); 9 — региональные глубинные разломы; 10 — урановые месторождения в натриевых метасоматитах (1 — Первомайское, 2 — Желтореченское, 3 — Мичуринское, 4 — Северинское, 5 — Ватутинское); 11 — рудопроявление 6 в Ново-Украинском массиве гранитов

главным образом амфиболитами. Раннепротерозойский мобильный пояс выполнен в основном монотонной толщей биотитовых гнейсов, а в восточном борту — породами железорудной формации, прорванными микроклиновыми гранитами, имеющими радиологический возраст 2000 млн. лет. В северо-западной части пояса расположен крупный Корсунь-Новомиргородский плутон, сложенный гранитами рапакиви и ультраосновными породами. Возраст плутона 1800 млн. лет [5].

В.И.Казанский [3, 4] впервые высказал идею о том, что плутон сформирован в результате тектономагматической активизации (ТМА) древней платформы, консолидированной в конце раннего протерозоя. За пределами плутона в остальных частях мобильного пояса ТМА проявилась во внедрении даек щелочных пород, образовании новых и подновлении древних региональных разломов и формировании в них крупных тел ураноносных натриевых метасоматитов, главным образом альбититов. Урановое оруденение явно наложено на вмещающие породы и сформировано на 200 млн. лет позже завершения регионального метаморфизма [5]. Урановые месторождения и рудопроявления, локализованные в натриевых метасоматитах, показаны на рис. 1.

Все они имеют одинаковый радиологический возраст (1770 ± 50 млн. лет), близкий вещественный состав руд и вмещающих метасоматитов и большинством исследователей справедливо относятся к единому генетически промышленному типу. Некоторое отличие вещественного состава руд характерно лишь для месторождений, локализованных в породах железорудной формации (Первомайское и Желтореченское).

Докембрийские рудовмещающие породы в центральной части УЩ перекрыты рыхлым чехлом кайнозойских отложений мощностью в среднем около 30 м, что сильно осложняет поиски месторождений и делает необходимым проходку больших объемов буровых скважин. С 1945 по 1975 г. в центральной части щита выявлены четыре площади, вмещающие месторождения урана (см. рис. 1): Северо-Криворожский район (1, 2), Кировоградская рудная зона (3, 4), Ватутинское рудное поле (5) и Новоукраинский рудный узел (6). Эти площади резко отличаются друг от друга по геотектонической позиции, геологическому строению и истории геологического развития, но, несмотря на это, вмещают однотипные месторождения урана.

Северо-Криворожский урановорудный район (рис. 2) охватывает Первомайское и Желтореченское железо-ура-

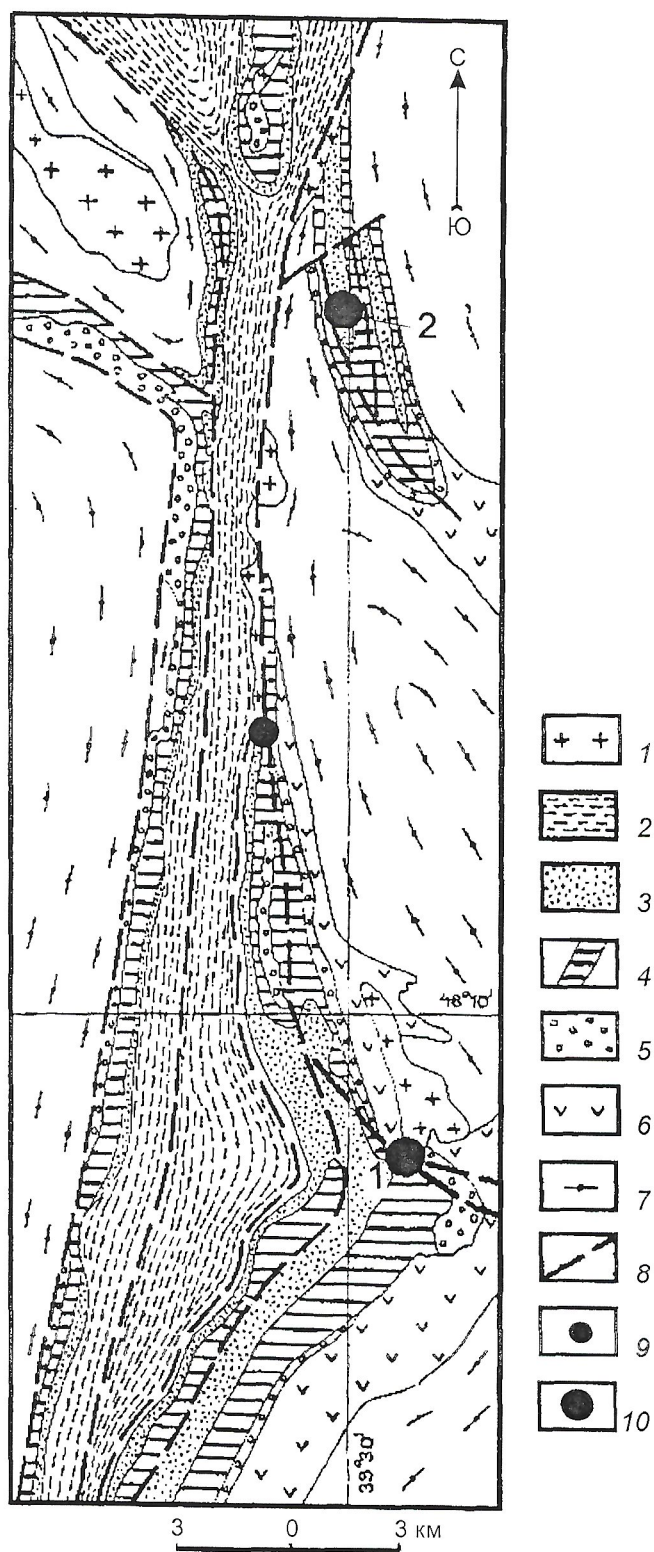


Рис. 2. Северо-Криворожский урановорудный район:

1 — граниты кировоградско-житомирского комплекса; 2 — гнейсы ингуло-ингулецкой серии; породы свит криворожской серии: 3 — гланцевской, 4 — саксаганской, 5 — скелеватской; 6 — амфиболиты конкско-верховцевской серии; 7 — амфиболиты и граниты днепровского и саксаганского комплексов; 8 — разломы; 9 — рудопроявление Анновское; 10 — месторождения урана (1 — Первомайское, 2 — Желтореченское)

новые месторождения, урановые руды которых полностью отработаны, и более 20 урановых рудопроявлений. Все установленные урановорудные залежи и рудопроявления в пределах Желтореченского и Первомайского рудных

полей приурочены к меридиональной узкой полосе железистых пород, выполняющих Криворожско-Кременчугскую зону, представляющую собой краевой трогообразный прогиб Центрально-Украинского раннепротерозойского мобильного пояса. Подобные структуры с присущими им железорудными формациями известны почти на всех докембрийских щитах мира. С запада на восток от прогиба расположены архейские гранитоиды, внутри которых выделяются причудливые по форме дуго- и кольцеобразные структуры, выполненные главным образом амфиболитами и являющиеся фрагментами архейских зеленокаменных поясов. Сам трогоподобный прогиб сложен породами раннепротерозойской криворожской серии, средняя (саксаганская) свита которой представлена железорудной формацией (переслаивание джеспилитов, железистых кварцитов и сланцев алюмосиликатного и железисто-кремнисто-алюмосиликатного составов). Породы криворожской серии смяты в узкие складки с крутыми шарнирами, осевыми поверхностями и крыльями и прорваны микроклиновыми гранитами кировоградско-житомирского комплекса. Изохронный возраст гранитов 1930 ± 50 млн. лет [5].

Урановые месторождения и рудопроявления расположены внутри синклинальных складок на участках их осложнения послойными и секущими разрывными нарушениями, где широко проявлен карбонатно-натриевый метасоматоз. Урановые руды представлены карбонатно-железистыми породами и реже альбититами, содержащими вкрапленность урановых минералов.

Кировоградская урановорудная зона вмещает Мичуринское и Северинское месторождения и более 10 рудопроявлений урана (рис. 3). Все они контролируются Кировоградским глубинным разломом.

Кировоградский разлом прослеживается через весь Украинский щит в субмеридиональном направлении вдоль восточного края Корсунь-Новомиргородского гранитоидного блока и западного борта Приингульской синклинали, сложенной преимущественно мелкозернистыми биотитовыми гнейсами ингуло-ингулецкой серии. Разлом имеет глубинный характер, по нескольким профилям ГСЗ установлен уступ в поверхности Мохо с амплитудой 3—4 км. На поверхности он проявлен широкой полосой высоких горизонтальных градиентов гравитационного поля. К западу от него расположен крупнейший на Украине гравитационный минимум. В породах фундамента разлом прослеживается в виде серии субпараллельных кулисообразно расположенных долгоживущих разломов, представленных тектонитами нескольких этапов деформаций. В Мичуринском рудном поле, например, в полосе шириной 7 км прослежены восемь отдельных разломов мощностью до нескольких десятков метров каждый. Самый крупный — Мичуринский разлом представлен системой сближенных ветвящихся тектонических швов, сопровождаемых зонами бластокатаклазитов, катаклазитов, милонитов, брекчий и многочисленными трещинами с глиной трения и зеркалами скольжения.

Ураноносные альбититы расположены в тектонической обстановке, резко отличной от таковой в Северо-Криворожском районе. Они локализованы в контакте гранитоидов и мелкозернистых гнейсов на участках зон объемного катаклаза, благоприятного для проникновения ураноносных гидротермальных растворов. Такие зоны формируются при тектонических подвижках на участках плавных изгибов и сочленений отдельных ветвей Кировоградского разлома. Особенно благоприятны осложнения разломов на участках пересечения ими складок, сложенных биотитовыми гнейсами, и зон частотного чередования гранитоидов различного текстурно-структурного облика.

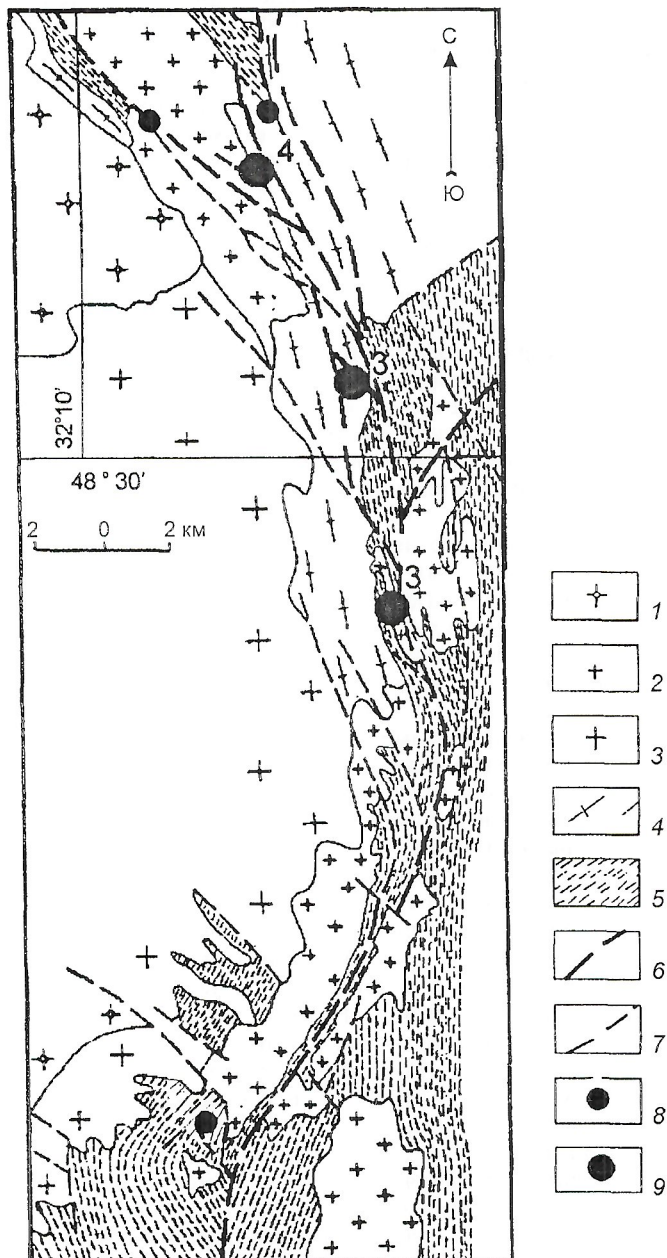


Рис. 3. Кировоградская рудная зона:

гранитоиды кировоградско-житомирского комплекса: 1 — мелкозернистые, 2 — крупнопорфирообластические (кировоградские), 3 — трахитоидные (новоукраинские), 4 — мигматиты кировоградских гранитов, 5 — гнейсы биотитовые ингуло-ингулецкой серии; 6 — основные швы кировоградского разлома; 7 — прочие разломы; 8 — рудопроявления; 9 — месторождения урана (3 — Мичуринское, 4 — Северинское)

Тела альбититов, вмещающие одну или несколько урановых залежей, имеют линзовидную форму. Протяженность их по простиранию и падению достигает многих сотен, а мощность — многих десятков метров. По составу они аналогичны ураноносным альбититам Желтореченского месторождения, темноцветные минералы в них представлены эгирин, щелочными амфиболами, хлоритом, гидрослюдами, флогопитом, рудные — гематитом, в богатых ураном альбититах всегда присутствует кальцит (1—3%).

Ватутинское урановорудное поле (рис. 4) вмещает одноименное месторождение и несколько рудопрояв-

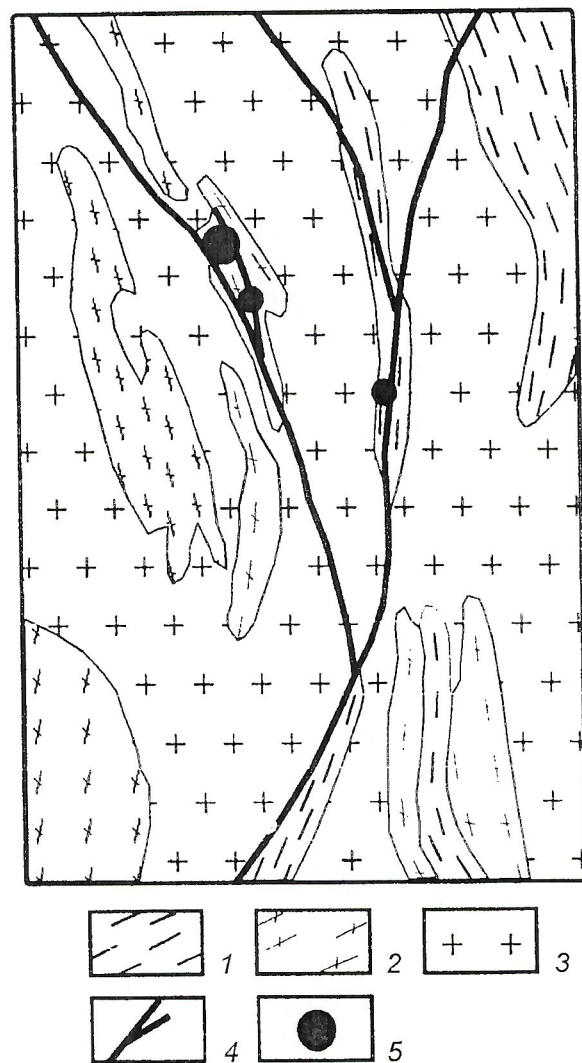


Рис. 4. Ватутинское рудное поле:

1 — гнейсы биотитовые ингуло-ингулецкой серии; 2 — мигматиты, гранодиориты; 3 — граниты кировоградско-житомирского комплекса; 4 — разломы; 5 — Ватутинское месторождение

лений урана. Расположено оно внутри Центрально-Украинского раннепротерозойского мобильного пояса в 15 км от западного контакта Корсунь-Новомиргородского гранитоидного блока и в 25 км от западной границы мобильного пояса. В Ватутинском рудном поле (см. рис. 4) мелкие массивы гранитоидов кировоградско-житомирского комплекса обрамлены мелкозернистыми биотитовыми гнейсами ингуло-ингулецкой серии. На участке месторождения один из таких массивов (Березовский) имеет неоднородное строение. Равномернозернистые и порфировидные плагиоклаз-микроклиновые граниты перемежаются с мигматитами различного состава и биотитовыми гнейсами. Эти породы прорваны жилами пегматитов. Месторождение локализовано в узле сочленения Главного Западного разлома северо-западного простирания и юго-западного падения с системой субмеридиональных крутопадающих разломов. Главный Западный разлом выполнен дайкой микрогранитов (ортогнейсов). Субмеридиональные разломы представлены разновозрастными тектонитами (бластокатаклазиты, милониты, брекчии, зоны дробления и расланцевания, глина трения). Промышленное оруденение локализовано исключительно в эгирин-щелочноамфиболовых альбититах, развитых вдоль Главного Западного и меридио-

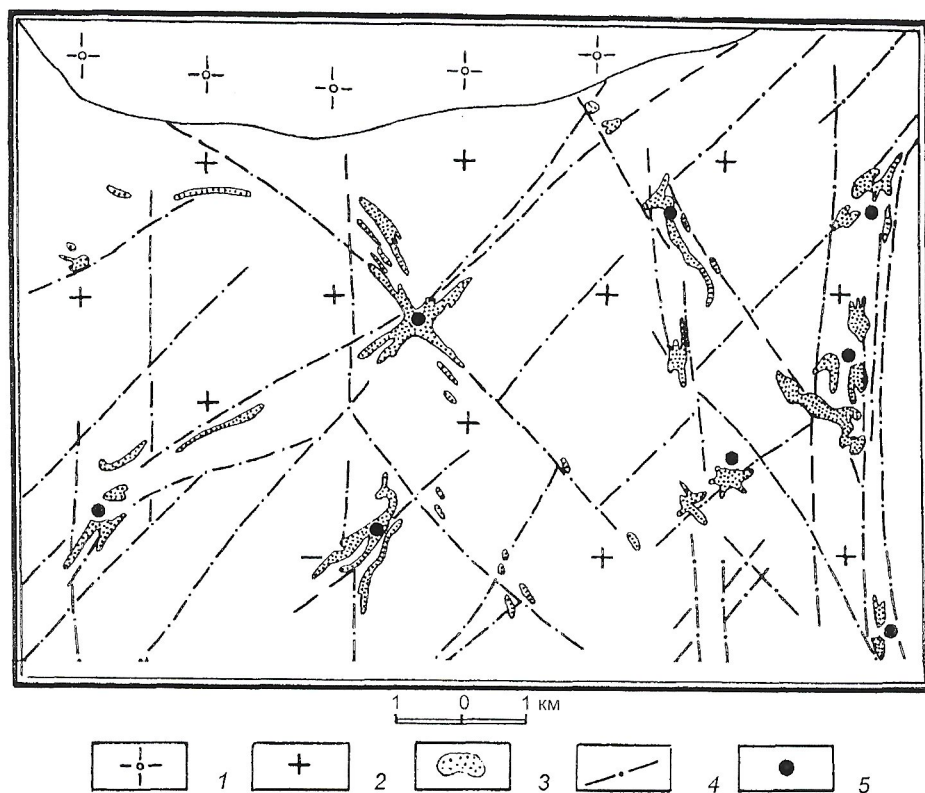


Рис. 5. Дальний восточный фланг Ватутинского месторождения:

1 — граниты рапакиви; 2 — граниты трахитоидные (новоукраинские); 3 — альбититы; 4 — разломы; 5 — рудопроявления

нальных разломов. Урановые минералы представлены главным образом уранинитом.

Новоукраинский рудный узел (рис. 5) охватывает несколько еще детально неразведанных рудопроявлений урана в северной части Новоукраинского массива трахитоидных гранитов. Граниты довольно однородные с крупными линейно ориентированными выделениями калиевого полевого шпата. Иногда в них встречаются реликты основных пород и гнейсов, отмечаются секущие дайкообразные тела микрогранитов и дайки диабазов. В массиве гранитов, особенно в его северо-западной части выявлено множество крупных разломов ортогональной и диагональной систем. Граниты в пределах разломов интенсивно катаклазированы сначала в условиях пластических, а затем хрупких деформаций. Тела крупных ураноносных альбититов локализованы в узлах пересечения и сочленения этих разломов. По составу они не отличаются от альбититов Кировоградской зоны и Ватутинского рудного поля. Темноцветные минералы представлены эгирином, рибекитом, хлоритом, флогопитом, урановые — уранинитом и браннеритом.

История открытия месторождений Центрально-Украинской провинции свидетельствует об ограниченности возможности использования метода аналогии при поисках некоторых типов рудных месторождений. Первое урановое месторождение на Украине было открыто в 1945 г. при ревизии горных выработок на Первомайском железорудном месторождении в северной части Криворожского бассейна. Урановое оруденение было установлено внутри крупной железорудной залежи. Представлено оно столбообразным рудным телом. Протяженность его по простиранию 150—200 м, по падению около 900 м, мощность 10—20 м.

Урановорудное тело окружено ореолом метасоматически измененных ошелоченных железных руд,

состоящих из магнетита (30—90%), гематита (до 40%), щелочных амфиболов и эгирина (5—30%). Урановая руда сложена магнетитом и мушкетовитом (40—60%), гематитом и мартитом (10—40%), хлоритом, гидрослюдами, щелочными амфиболами и эгирином (до 25%). Уранинит образует тонкую вкрапленность в ассоциации с доломитом.

В хлорит-биотитовых сланцах, вмещающих железорудное тело, выявлено пластообразное тело щелочно-амфибол-хлоритовых альбититов протяженностью по простиранию 400 м, по падению 220 м, мощностью 3—5 м. Альбититы вмещают гнездообразные тела урановых руд, сложенных настураном, браннеритом и небольшим количеством сульфидов (пирит, халькопирит).

После открытия Первомайского уранового месторождения ревизионные работы были продолжены на расположенном в 30 км к северу в пределах той же меридиональной полосы железистых пород Желтореченском железорудном месторождении, где еще ранее были известны щелочные метасоматиты.

Естественно, в первую очередь по аналогии с Первомайским месторождением радиометрической съемке подверглись горные выработки, вскрывающие железорудные тела в замковой части Желтореченской складки. Однако эти работы не дали положительных результатов. Несколько позже, в 1946 г. промышленное урановое оруденение было установлено в подковообразном теле эгирин-щелочно-амфиболовых альбититов, окаймляющем ядро складки. Крутопадающие пластообразные урановорудные залежи оказались сложенными преимущественно альбититом (до 90%), щелочными амфиболами, эгирином, кальцитом, хлоритом и гидрослюдами, настураном, браннеритом и впервые установленным силикатом урана — ненадквитом. Содержание железорудных минералов не превышало первых процентов, т.е. по минеральному составу эти руды резко отличались от таковых, выявленных на Первомайском месторождении. Значительно позже, в 1958 г. в замковой части складки, где в 1946 г. безуспешно проводили ревизионные работы вблизи поверхности, на глубине 400 м были выявлены урановые руды внутри железорудных залежей, близкие по составу первомайским.

По результатам изучения Первомайского и Желтореченского месторождений был сделан вывод о пространственной и генетической связях уранового оруденения с породами железорудной формации, который лег в основу методики поисковых работ на уран. Прежде всего была опоискована с разной степенью детальности вся Криворожско-Кременчугская зона, затем расположенная в нескольких километрах к западу Западно-Ингулецкая полоса железистых пород и затем почти все крупные магнитные аномалии УКЩ. За 20 лет интенсивных геологоразведочных работ в породах железорудной формации не было выявлено ни одного месторождения урана и установлено лишь несколько разнотипных рудопроявлений. В результате поисковые

Характеристика	Северо-Криворожский рудный район	Кировоградская рудная зона	Ватутинское рудное поле	Новоукраинский рудный узел
Геотектоническая позиция	Во внешнем краевом протиге мобильного пояса, выполненном породами железорудной формации	Внутри мобильного пояса на контакте крупного гранитоидного массива с мелкозернистыми гнейсами крупной синклинали	Внутри мобильного пояса на участке, сложенном мелкими блоками гранитоидов, окаймляемыми мелкозернистыми гнейсами	Внутри мобильного пояса в центре крупного блока гранитоидов
Геофизические поля	Изометричные положительные аномалии силы тяжести и крупные линейные очень интенсивные магнитные аномалии	Восточная периферия крупной отрицательной аномалии силы тяжести, слабые линейные магнитные аномалии	Нормальное поле силы тяжести, слабые линейные магнитные аномалии	Внутри крупной отрицательной аномалии силы тяжести, слабые линейные магнитные аномалии
Вмещающие породы	Железистые кварциты, джеспилиты, хлорит-биотитовые, магнетит-амфиболовые сланцы, доломиты	Микроклиновые граниты, мелкозернистые биотитовые гнейсы	Микроклиновые граниты, гранодиориты, перматиты, мелкозернистые биотитовые гнейсы, ортогнейсы	Трахитоидные микроклиновые граниты
Радиоактивность вмещающих пород	Очень низкая в железистых породах и слабо повышенная в слюдяных сланцах	Низкая в мелкозернистых гнейсах и высокая в поздних микроклиновых гранитах	Низкая в гнейсах и гранодиоритах и повышенная в поздних микроклиновых гранитах и пегматитах	Низкая со значительным преобладанием тория над ураном
Структурный контроль урановорудных тел	Перегреты и флексуры крыльев складок, замки складок, осложненные последними и секущими разломами	Изгибы крупных разломов, флексуры складки, осложненные последними разломами	Изгибы и сочленения разломов, иногда вмещающих дайки ортогнейсов	Узлы пересечения и сочленения разломов

работы на уран в пределах УКШ были почти полностью прекращены.

В конце 1964 г. при бурении гидрогеологической скважины на южной окраине г.Кировоград были выявлены альбититы с промышленным содержанием урана, а к 1968 г. на этом участке было разведано и передано в эксплуатацию Мичуринское месторождение. Его открытие послужило толчком к возобновлению интенсивных поисковых работ на уран на всей территории УКШ и, прежде всего, в пределах Кировоградского разлома, вмещающего Мичуринское месторождение. На этом этапе принцип аналогии сыграл свою положительную роль. Вернее сказать, решающим был старый принцип рудознатцев: «держись за руду». За короткий период были проведены разномасштабные грави- и магнитометрические съемки, электроразведка, пройдено несколько профилей глубинного сейсмического зондирования, пробурены многие тысячи погонных метров картировочных и поисково-оценочных скважин. В результате было выявлено несколько крупных урановых залежей на южном, западном и северном флангах Мичуринского месторождения и открыты крупные Северинское месторождение урана и множество рудопроявлений. Все они расположены в аналогичной геологической обстановке в пределах Кировоградской рудной зоны (см. рис. 3). Одновременно с месторождениями Кировоградской рудной зоны в 1966 г. было открыто Ватутинское месторождение, локализованное в иной геологической обстановке.

После открытия и сравнительного изучения урановых месторождений Кировоградской зоны и Ватутинского рудного поля совместными усилиями ГГП «Кировгеология» и многих научных организаций была разработана новая методика поисков, также основанная на принципе аналогии. Она предполагала использование около 100 поисковых критериев и признаков. Одним из благоприятных и необходимых критериев было наличие зон частого чередования пород различного состава и физико-механических свойств. Считалось, что только в случае пересечения рудоподводящими разломами таких зон могут образоваться крупные тела ураноносных альбититов. Исходя из этого, участки, сложенные однородными породами (гнейсами, гранитами), считались неперспективными для обнаружения крупных месторождений урана, что значительно сужало поисковые площади. В центральной части УЩ крупные массивы гранитов и обширные поля гнейсов ингуло-ингулецкой серии занимают более 60% всей площади региона. Однако после неудач 50-х и 60-х годов слепая вера в принцип аналогии была значительно подорвана, и геологоразведочные экспедиции ГГП «Кировгеология» проводили поиски на всей территории УЩ часто вопреки этому принципу. В результате были открыты новые месторождения урана на «запрещенных» площадях, в частности, внутри весьма однородного Новоукраинского массива. Многие ученые в то время считали поиски внутри этого массива абсолютно бесперспективными.

К неблагоприятным факторам относились однородность массива, высокая степень метаморфизма пород (вплоть до гранулитовой фации), низкое содержание урана и высокое торий-урановое отношение. Однако, несмотря на это, оказалось, что и в однородных гранитах в узлах пересечения и сочленения долгоживущих разломов могут формироваться крупные тела ураноносных альбититов (см. рис. 5).

Таким образом, можно констатировать, что многолетние целенаправленные геологоразведочные работы на УКШ привели к открытию в его центральной части четырех участков, относящихся к металлогеническим подразделениям различного ранга, в

пределах которых локализованы однотипные урановые месторождения. И сделано это не благодаря, а скорее вопреки принципу аналогии, т.к. все эти участки резко отличаются друг от друга геологическим строением, что отчетливо видно при сопоставлении геологических, геофизических и геохимических характеристик (таблица).

Из многолетнего опыта поисковых работ вытекает, что использование принципа аналогии приносило хорошие результаты внутри рудных полей и рудных зон, но явно препятствовало нахождению новых месторождений за их пределами.

Детальный анализ всех известных к настоящему времени месторождений Центрально-Украинской провинции показывает, что при поисках месторождений урана, связанных с щелочными метасоматитами, может успешно использоваться лишь небольшое число благоприятных критериев и признаков. Наиболее важные — прямые признаки: наличие радиоактивности урановой или торий-урановой природы, приуроченной к телам натриевых метасоматитов, в частности, альбититов. Крупные месторождения урана могут быть установлены только в крупных телах метасоматитов, достигающих протяженности по простиранию и падению сотен метров и мощности десятков метров. Они имеют зональное строение. Внутренняя зона сложена полно проявленными метасоматитами (реликтовых минералов менее 10%), промежуточная зона представлена в разной степени ошелоченными (альбитизированными, эгиринизированными, рибекитизированными) породами, внешняя — хлоритизированными, серицитизированными, иногда окварцованными породами. Как правило, радиоактивность во

внешней зоне уже превышает в 2—3 раза фоновую и увеличивается по направлению к внутренней зоне, где локализованы промышленные урановорудные тела.

К косвенным благоприятным признакам отнесено наличие крупных долгоживущих разломов и особенно их осложнений различного рода — изгибов, сочленений и узлов пересечения. Для рудных районов необходимо наличие признаков, свидетельствующих о проявлении среднепротерозойской (1800 млн. лет) ТМА: интрузии магматических пород этого возраста и зоны «омоложения» калий-аргонового возраста более древних пород.

В заключение необходимо отметить, что ряд крупных урановых месторождений, открытых не благодаря, а вопреки принципу аналогии, известны во многих урановорудных провинциях бывшего СССР. Все они имеют явно эпигенетический характер, сформированы значительно позже вмещающих пород и отнесены к метасоматическому или жильно-штокверковому промышленному типу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андерсон Е.Б., Тарханов А.В., Заславский В.Г.* Возрастные отношения уранового рудообразования и регионального метаморфизма на Желтореченском месторождении // Советская геология. 1987. № 12. С. 64—69.
2. *Генетические типы и закономерности размещения урановорудных месторождений Украины* / Под ред. Я.Н.Белевцева, В.В.Коваль. — Киев: Наукова Думка, 1995.
3. *Казанский В.И., Лавров Н.П., Тугаринов А.И.* Эволюция уранового рудообразования. — М.: Атомиздат, 1978.
4. *Казанский В.И.* Эволюция рудоносных структур докембрия. — М.: Недра, 1988.
5. *Щербак Н.П.* и др. Каталог изотопных дат пород Украинского щита. — Киев: Наукова Думка, 1978.

Стратиграфия, региональная геология и тектоника

УДК 551.24.053:571.53/54

© А.В.Синцов, 2001

Гранитогнейсовые структуры Мамской кристаллической полосы

А. В.СИНЦОВ (ИЗК СО РАН)

Мамская кристаллическая полоса Северо-Байкальского нагорья сложена в основном мелководными пассивно-окраинными рифейскими отложениями, залегающими на супракрастальных образованиях чуйского комплекса [1]. Северо-восточный структурный план полосы сформирован в результате переориентировки первичных субширотных складчато-разрывных структур при левосдвиговых перемещениях по системе северо-восточных разломов в палеозое [4, 6]. Особенности внутренней структуры полосы во многом определяются именно этими разломами фундамента. В их зонах проявлены процессы ремобилизации дорифейского фундамента, приведшие к созданию в перекрывающих отложениях довольно протяженных положительных структур, состоящих в свою очередь из гранитогнейсовых куполов, валов, пластин, гребней. Гранитогнейсовые структуры деформируют ранее существовавшую складчатость, обрамляясь орнаментом сравнительно небольших дисгармоничных складок, и подчеркиваются изоградами метаморфизма. Дисгармоничные складки верхнего структурного яруса как бы драпируют ядерные части гранитогнейсовых структур, подчиняясь очертаниям отдельного купола или вала.

На северо-западе Мамской полосы протянулась антиклиналь с Левомочикитским валом и Согдион-

донским куполом (рис. 1). На бортах этой антиклинали интенсивно развиты сжатые изоклинальные складки, опрокинутые к северо-западу и осложненные локальными чешуйчатыми надвигами и взбросами. Вблизи Согдиондонского купола простирания слоистости и сланцеватости вмещающих толщ изменяются на широтное, северо-западное или меридиональное в соответствии с контурами купола.

Юго-восточнее расположен Нюрдабинский гранито-гнейсовый вал, прослеживаемый от р.Чая к устью р.Большая Слюдянка. В его ядерной части от р.Чая до р.Чуйский Довгакит вскрыта «пластина» гнейсогранитов. Осевая поверхность структуры падает на юго-восток под углом 30—50°. На продолжении вала фиксируются Кочектинский и Слюдянский купола. Отложения, перекрывающие гнейсограниты ядра Слюдянского купола, оконтуривают его в виде раскрытой к юго-востоку подковы.

По центру Мамской кристаллической полосы проходит Абчадский разлом, выраженный наиболее крупной структурой полосы — Центральным поднятием, протянувшимся от р.Чарво до правобережья р.Витим, где замыкается Анангро-Патомской антиформой [6]. Поднятие представляет собой цепочку гранитогнейсовых куполов, валов, в ядерных частях которых вскрыт

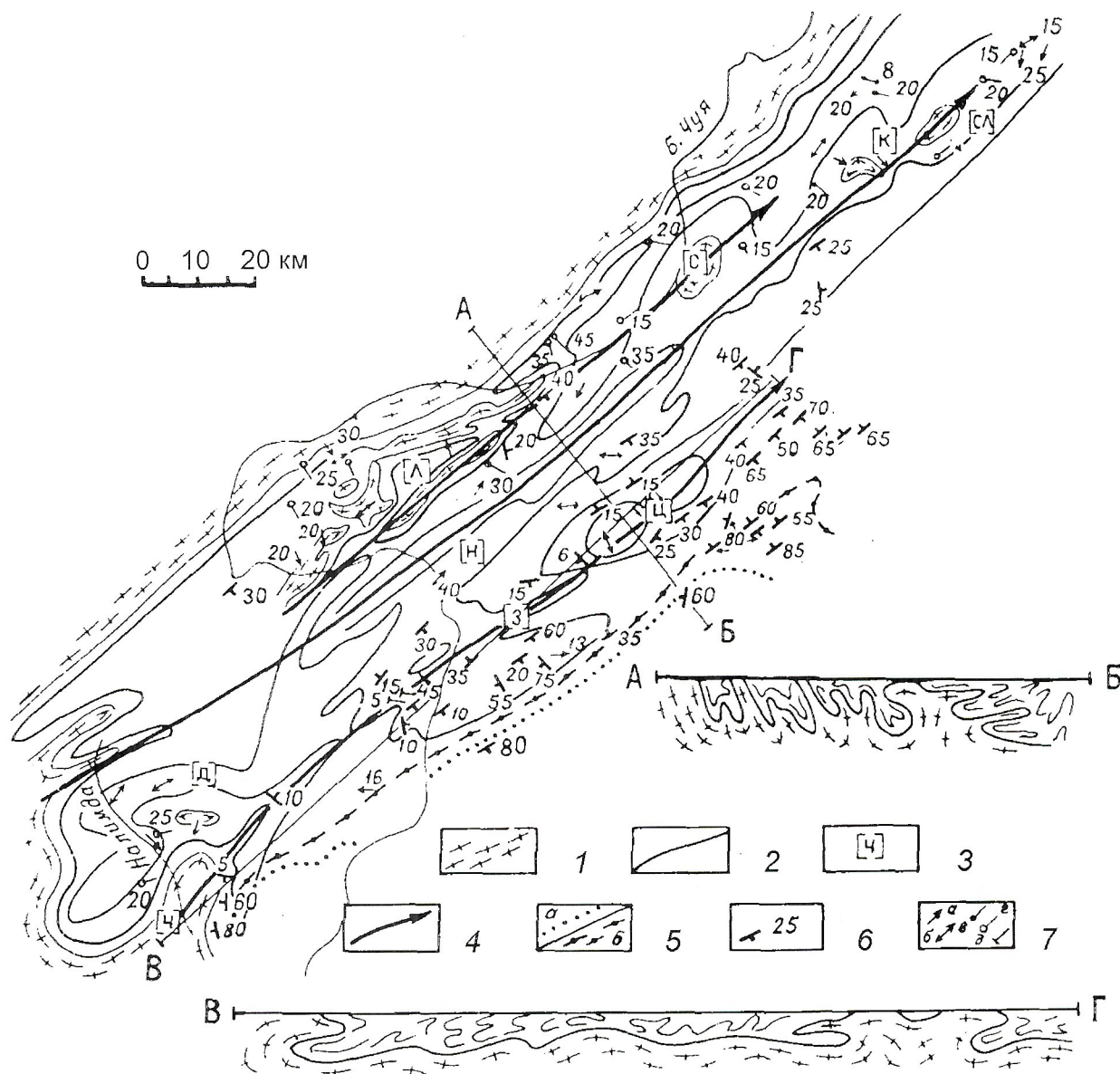


Рис. 1. Схема структурных элементов Мамской кристаллической полосы:

1 — фундамент рифейских отложений; 2 — структурные линии; 3 — гранитогнейсовые структуры (Д — Джеланжинский, К — Кочетинский, С — Согдиондонский, СЛ — Слюдянский, Ч — Чарвинский купол, З — Зарендинский, Л — Левомочикитский, Н — Нюрдабинский валы, Ц — Центральная антиклиналь); 4 — гранитоидные поднятия; 5 — изограды метаморфизма (а — биотита, б — граната); 6 — элементы залегания слоистости, сланцеватости и гнейсовидности; 7 — линейность (шарниры складок волочения: а — наклонные, б — горизонтальные; в — минералы, г — минеральные обособления, будины, гальки; д — желобчатость, бороздчатость, штрихи)

ремобилизованный фундамент рифейских отложений. На крыльях гранитогнейсовых структур слои покровных отложений смяты в мелкие изоклинные складки, осевые поверхности которых опрокинуты от центров куполов, в результате чего последние приобретают грибообразный вид. На северо-востоке Центрального поднятия расположен Верхнесогдиондонский вал, прослеживаемый от водораздела рек Брамьи и Согдиондон до водораздела рек Чуйское Олонгро и Чуйский Довгаки на расстояние 25 км при ширине 5 км. Осевая поверхность его опрокинута на северо-запад. Вал сопровождается небольшими куполами спутниками. Юго-западнее в верховьях р. Чуйский Довгаки установлены вытянутые в северо-восточном направлении Мочикитский и Довгакинский купола, образующие единую Лувминскую антиклиналь. По данным работы [5], северо-западное крыло от юго-западного окончания структуры до верховий руч. Олений падает на северо-запад под углом 40° , далее на северо-восток падение его

становится вертикальным, затем опрокинутым на северо-запад с падением пород на юго-восток под углом $40-60^\circ$. Опрокидывание крыла сопровождается серией локальных надвигов. Купола облекаются изоклиновыми структурами высоких порядков. В юго-западном окончании Центрального поднятия на водоразделе рек Налымда и Богодикта расположен Чарвинский купол, протянувшийся в юго-западном направлении на 25 км при ширине 15–20 км (рис. 2). Осевая поверхность купола запрокинута к северо-западу. На северо-востоке купол осложнен «козырьком», в результате чего в поперечном сечении он имеет грибообразную форму асимметричного строения (рис. 3). Полосчатость и гнейсовидность в гранитогнейсах ядра купола падают к центру массива. На юго-запад купол открыт и переходит в сплошное поле развития гранитогнейсов и гнейсов фундамента. В этом же направлении наблюдается переход от запрокинутого залегания пород подковообразной «козырьковой» части купола к нормальному в его основании, и здесь отчетливо

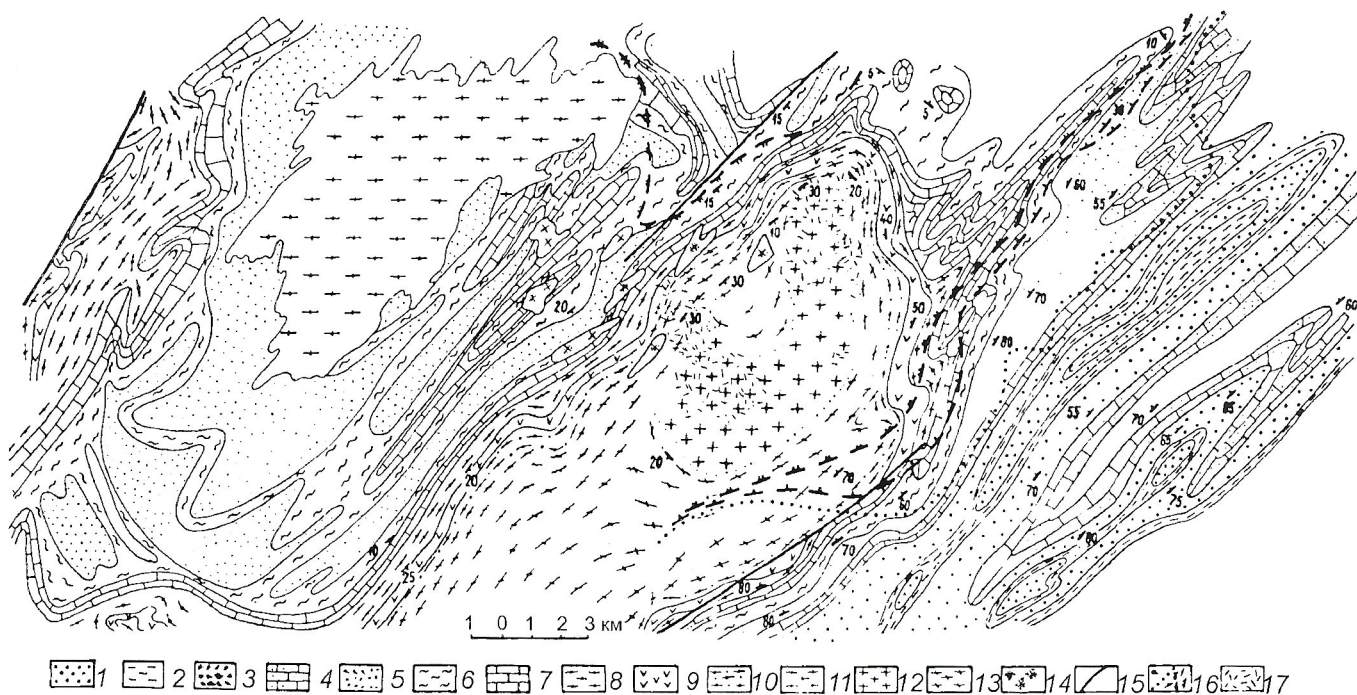


Рис. 2. Геологическая схема юго-западного окончания Центрального поднятия:

1 — «углистые» гравелиты, песчаники; 2 — «углистые» сланцы; 3 — светлые кварцевые песчаники; 4 — карбонатные песчаники, эпидот-цоизитовые гнейсы и сланцы; 5 — желтовато-серые «оспелые» кварцито-песчаники, гнейсы; 6 — «углистые» сланцы, разнообразные метаморфические и кристаллические сланцы; 7 — голубовато-серые и серые известняки, белые мраморизованные известняки, мраморы; 8 — песчаники, сланцы, разнообразные гнейсы, метаморфические и кристаллические сланцы; 9 — амфиболиты; 10 — песчаники, сланцы, метааркозы, метагравелиты, кристаллические сланцы, гнейсы, кварциты; 11 — двуслюдяные граниты; 12 — массивные биотитовые граниты; 13 — гнейсограниты и граниты «пестрого» состава; 14 — гранит-пегматиты; 15 — разрывные нарушения; 16 — изограды метаморфизма (а — биотита, б — граната, в — ставролита); 17 — участки наложенного калишпатового порфиробластеза

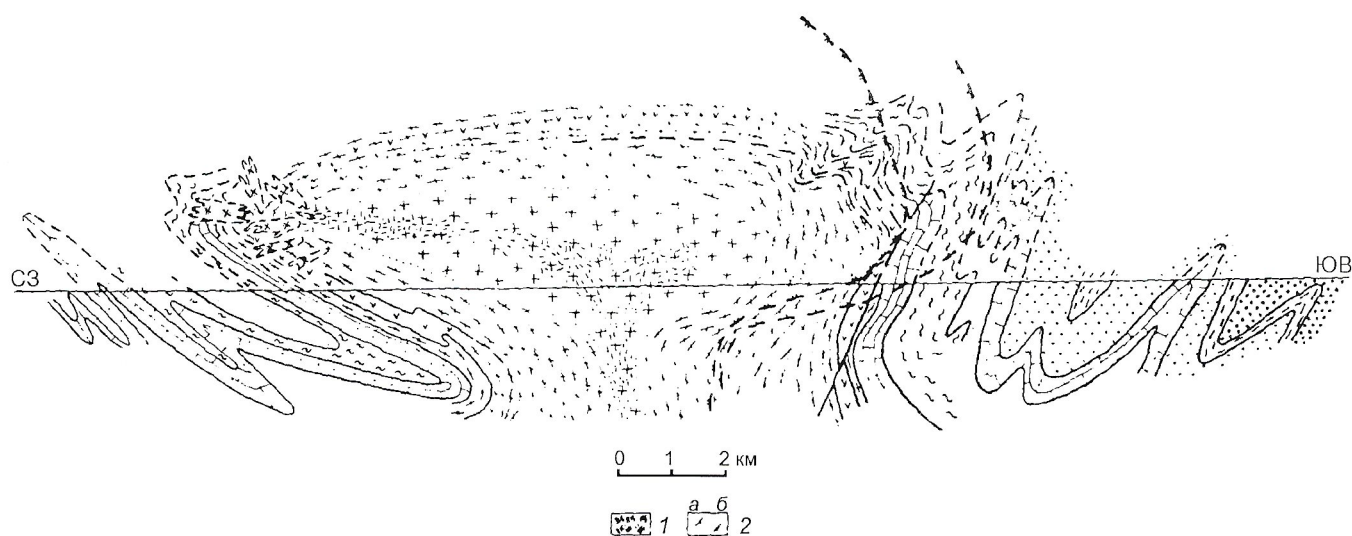


Рис. 3. Геологический разрез Чарвинского гранито-гнейсового купола:

1 — участки наложенного порфиробластеза; 2 — изограды метаморфизма (а — граната, б — ставролита); остальные условные обозн. см. на рис. 2

выступает угловое несогласие между гранитогнейсами и перекрывающими их отложениями. Несогласие достигает $20\text{--}30^\circ$ в простираниях и $10\text{--}15^\circ$ в падениях. По периферии Чарвинского купола в перекрывающих ядро отложениях наблюдаются структуры более высоких порядков; их ориентировка подчинена контурам купола. Осевые поверхности складок при приближении к ядру структуры постепенно запрокидываются от центра купола вплоть до образования лежащих складок (см. рис. 2, 3); местами отмечены локальные разрывы типа взбросов. Морфология складок свидетельствует о большой роли пластического течения и диапировых явлениях в их создании. К северу от Чарвинского расположен Джеланжинский купол. Структуры, обрамляющие Чарвинский купол, в северном направлении трансформированы в более или менее изометричные или вытянутые в субширотном направлении складки, подчиняясь аналогичной ориентировке Джеланжинского купола. Обогнув купол, они вновь разворачиваются к северо-востоку согласно общему плану складчатости Мамской полосы. В местах разворота с северо-восточного на широтное простирание возникают складки с крючко-, серповидной, винтообразной и подобными формами шарниров. Северо-восточное замыкание Чарвинской «подковы» переходит в линейную структуру — Зарендинский вал. В связи с ундуляцией шарнира по простиранию вала обособлены сложные изолированные складчатые формы, диагональные и поперечные его основному простиранию.

Внутреннее строение Чарвинского купола подчеркнуто гнейсовидностью и контурами слагающих его разновидностей пород. Центральная часть ядра купола сложена массивными среднезернистыми гранитами, а периферическая — средне- и мелкозернистыми гранитоидами «пестрого» состава. Среди гранитоидов «пестрого» состава, но в основном среди биотитовых гранитов центральной части наблюдаются порфиробластические разности. В периферической и прикровлевой частях ядра купола повсеместно установлены скиалиты вмещающих пород. Переход от скиалитов к гранитогнейсам и гнейсогранитам постепенный. Гранитоиды и вмещающие их породы пронизаны жилами перматитов, лейкократовых гранитов, аляскитов; местами они столь обильно насыщают породы, что последние наблюдаются в виде «ксенолитов». Гнейсограниты периферической зоны ядра купола постепенно переходят во вмещающие кристаллические сланцы. Последние нередко подвержены процессам фельшпатизации и мигматизации. Микроклин иногда образует в них порфиробласты, но основная его масса распределена более или менее равномерно по всей породе в виде зерен, соизмеримых по размерам с минералами основной массы.

Вокруг всех известных в районе куполов наблюдается отчетливая метаморфическая зональность с усилением степени метаморфизма в породах верхнего комплекса по мере приближения к их контакту с гнейсогранитами ядра. От периферии к сводам куполов, валов наблюдается зональная смена пород зеленосланцевой фации метаморфизма породами амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций. Минеральные ассоциации терригенных пород из кварца, альбита, мусковита (серицита), хлорита, карбонатов сменяются ассоциациями из плагиоклаза (кислого), кварца, биотита, мусковита, эпидота, клиноцоизита, карбоната, тремолита, граната, а затем из ставролита, дистена, граната, плагиоклаза (основного), амфибола, биотита, микроклина, клиноцоизита, диопсида. В карбонатных породах вместо примеси кварца, альбита, мусковита, серицита появляется примесь биотита, эпидота, мусковита, затем тремолита, скаполита, роговой обманки и диопсида; структура их

становится более крупнозернистой, породы осветляются [2]. Метаморфические изменения вмещающих пород наиболее интенсивно проявлены в верхних частях куполов, валов. Изограды метаморфизма конформны очертаниям «шляпы», «козырька» свода купола или вала. В круто стоящих частях гранитогнейсовых структур можно наблюдать холодный, «аркозовый» контакт между гранитогнейсами фундамента рифейских отложений и налегающими на них несогласно метааркозами и метатравелитами (например, Когандинский купол), образовавшимися, вероятнее всего, за счет разрушения этих же самых гранитогнейсов [3]. Сложные взаимоотношения изоград метаморфизма и складчатых структур предопределили весьма сложный, мозаичный в деталях рисунок метаморфической зональности Мамской кристаллической полосы. В связи с этими особенностями вполне объяснимо появление участков с признаками повышенного метаморфического изменения среди полей слабо метаморфизованных пород или, наоборот, слабо метаморфизованных «реликтовых» участков среди поля высокометаморфизованных пород (например, «углистые» сланцы северо-западнее Чарвинского купола и в других межкупольных участках).

Считается, что происхождение гранитогнейсовых куполов обязано анатектическому плавлению комплексов основания в результате накопления тепла на границе фундамент—чехол вследствие их разной теплопроводности [3]. Поэтому гранитогнейсовые купола нередко называют «тепловыми куполами». Однако в Мамском районе такого плавления на границе фундамент-чехол нигде не установлено, хотя эта граница прослежена по всему периметру. Более того, к юго-западу от Чарвинского купола в верховьях рек Тупо и Амудберен в широкой зоне смятия пород чуйского комплекса фундамента расположены небольшие гранитогнейсовые купола [3]. Видимо, анатектическое плавление на границе фундамента с перекрывающим его чехлом характерно для отдельных изолированных куполов или групп куполов, но не структур, непосредственно связанных с разломами фундамента. Для последних, если такое плавление и имело место, то только на глубинных уровнях. В то же время не вызывает сомнения процесс гранитизации пород. Несомненно привнос кремнезема и щелочей, на что указывает увеличение содержания полевого шпата и щелочей, уменьшение содержания цветных минералов в гранитизированных породах. Очевидно, что под действием горячих трансмагматических растворов ранее образовавшиеся на больших площадях и раздробленные в зонах разломов гранитоиды, «размягчаясь» и насыщаясь газами, мобилизуются и под действием тектонических напряжений вторгаются по зонам разломов в форме колонн, потоков, струй. Они воздействуют на покрывающие отложения не только механически, но и химически, термически.

По мере развития гранитоидного диапиризма складчатость рифейских отложений все более усложнялась и искажалась гранитогнейсовыми структурами. Морфологические особенности собственно гранитогнейсовых структур, асимметрия куполов, наличие грибообразных «шляп», «козырьков», «карнизов», «языков» и подобных осложнений предопределены, очевидно, морфологией вмещающих купола разломов и особенностями сложной предкупольной тектоники перекрывающих отложений. Складчатость рифейских отложений предкупольного периода сама по себе была уже очень сложной за счет ее переработки с субширотного на северо-восточное направление, а в последующем еще усложнена различными крупными и мелкими, нередко диагональными или поперечными формами в связи с активным вторжением ремобилизованных масс гранитоидов, их диапиризмом.

Вертикальный подъем масс и становление гранито-гнейсовых куполов облегчались гранитизацией, приводящей к изменению объемов горных пород, их разуплотнению и развитию дополнительных механических напряжений. Насыщенный летучими гранитный материал вел себя подобно диапирам соли, поднимаясь «струями», «пластинами», раздавливая перекачиваемые отложения и выжимая их в бока с формированием сложной наложенной складчатости. Не менее важно термическое и химическое воздействие горячих трансмагматических растворов. Они являлись основными переносчиками тепла и вещества, громадное количество которых затрачивалось на метаморфизм и гранитизацию осадочных пород. Метаморфическое воздействие на фронте вздымавшихся колонн гранитоидов приводило к формированию кристаллических сланцев, обрисовывающих фронтальную поверхность и подчеркивающих ее структурные особенности.

От преддиапировых этапов структурных преобразований в зонах разломов сохранились различные неровности, полости, которые послужили местами, куда затекали, выжимались гранитоидные массы. Заполняющие эти полости гранитоиды механически воздействовали на вмещающие породы, формируя дисгармоничные складки в сводовых частях и по периферии гранито-гнейсовых тел. В этих локальных ловушках создавались, очевидно, наиболее благоприятные условия для повышения флюидного давления, теплового, химического воздействия флюидов на вмещающие породы, что приводило к метаморфизму рифейских пород в присводовых частях куполов, валов, пластин, гребней и в целом поднятий.

Внутри поднимающейся гранитоидной колонны находились ксенолиты, глыбы, отщепления, заусеницы вмещающих пород, которые в процессе движения колонны увлекались в это движение, дробились, гранитизировались, приобретая ориентированные текстуры, отражающие направление движения. При движении в ограниченном пространстве потоки, струи уплощались согласно общему простираанию разлома, чем достигалась генерализация структурного плана, хотя многие аномалии и сохранялись. Движущаяся колонна распадалась на отдельные потоки, струи и т.п., скорость движения которых зависела от локальных морфологических особенностей «руса», его наклона, характера поступления гранитизирующих растворов, их параметров. Наиболее характерные формы кровли вторгавшихся супракрустальных образований фундамента — мульды и разделяющие их поднятия, трассирующие зоны разломов, на которых располагались структуры второго порядка — локальные вздутия, купола, валы, гребни и т.д., осложненные структурами более высокого порядка — козырьками, карнизами, шляпами, языками и т.д., образовавшиеся за счет выдавливания гранито-гнейсов на участки с минимальным давлением в выше-лежащих толщах. Это приводило к дополнительной деформации уже смятой толщи с формированием сложной многопорядковой дисгармоничной складчатости.

Благодаря своим свойствам гранитоиды могли течь при сравнительно небольших напряжениях, но это течение не могло превышать некоторой критической скорости. Если бы напряжения были слишком большими, то происходило бы разрушение пород. Вместе с тем, залегания гранитоидов в ядрах структур и их внутреннее строение свидетельствуют о том, что течение и деформация проходили с сохранением сплошности. Вторжение супракрустальных масс фундамента в зоны разломов и

связанные с этим диапировые явления начались, по всей видимости, когда значительная часть энергии тангенциальных напряжений уже была реализована на дробление фундамента, и создались условия для поступления трансмагматических растворов. Под влиянием тектонических напряжений гранитоиды деформировались вязко и вязкопластически. Эта деформация приводила к их упрочению, в первую очередь во фронтальных частях, вследствие чего здесь увеличивалась их вязкость. Одновременно с увеличением вязкости начинались процессы рекристаллизации, вследствие которых возникшие внутренние напряжения постепенно исчезали. В результате верхние части поднятий, валов, куполов приобретали более упорядоченное состояние, и для них становилась свойственна более высокая вязкость, чем для глубоких частей. Это могло привести к тому, что с началом кристаллизации фронтальных частей гранитоидных колонн в их внутренних уровнях могло начаться палингенное плавление. Разгрузка таких очагов, по всей вероятности, происходила в смежные межкупольные синклинали, в приядерных частях которых создавались зоны относительного растяжения в виде массивов двуслюдяных гранитов (см. рис. 2), а также в виде интрузивных даек лейкократовых гранитов, аляскитов в сводах гранито-гнейсовых структур. После полной раскристаллизации гранитоидов и прекращения действия тангенциальных напряжений циркуляция остаточных щелочных растворов приводила к метасоматическому порфиروبластезу. Приращение объема за счет последнего компенсировалось подъемом ядер куполов и спаявшихся с ними вмещающих пород как единого целого. Подъем сопровождался возникновением локальных разрывов типа взбросов и надвигов во вмещающих гранито-гнейсовых структурах пород.

Таким образом, купола формировались, очевидно, под влиянием двух основных факторов: выжимания раздробленных образований фундамента в зоны разломов под воздействием тектонических напряжений и поступления в эти зоны горячих, насыщенных летучими трансмагматических растворов. Главным был первый процесс (диапиризм), а второй приводил к разуплотнению выжимаемых пород, снижению их вязкости, чем облегчалось выжимание, а также к гранитизации и метаморфизму перекрывающих фундамент отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Великославинский Д.А., Казаков А.Н., Соколов Ю.М.* Мамский комплекс Северо-Байкальского нагорья // Тр. ЛАГЕД. 1963. Вып. 17.
2. *Завалишин М.А., Чесноков В.Н.* Минеральная зональность Мамского пегматитового поля и ее природа // Матер. по геологии и полезным ископаемым Сибирской платформы. М., 1971. С. 13—18.
3. *Салон Л.И.* К стратиграфии и тектонике докембрия Мамско-Чуйского слюдоносного района (Северо-Байкальское нагорье) // Проблемы геологии докембрия Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Л., 1974. Новая серия. Т. 199. С. 83—143.
4. *Синцов А.В.* Кинематические условия формирования структуры Бодайбинского внутреннего прогиба // Динамика земной коры Восточной Сибири. Новосибирск, 1978. С. 88—94.
5. *Сычев Ю.И.* Строение антиклинальной зоны центральной части Мамской толщи (Северо-Байкальское нагорье) // Деформации и структуры докембрийских толщ. М., 1967. С. 122—124.
6. *Флаасс А.С.* Основные этапы и динамика структурного развития Мамско-Бодайбинской метаморфической серии (Северо-Байкальское нагорье) // Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья. Чита, 1971. Вып. 8. С. 33—37.

Межведомственный петрографический комитет России — настоящее и будущее

О.А.БОГАТИКОВ, А.М.КУРЧАВОВ, Е.В.ШАРКОВ (ИГЕМ РАН)

Сложные социально-политические и экономические преобразования в нашей стране резко отрицательно отразились на положении фундаментальной и отраслевой науки вообще и теоретической и прикладной петрологии и петрографии в частности. Вместе с тем, начинающееся оживление геологических исследований на территории Российской Федерации и особенно активизация федеральной государственной программы «Госгеолкарта-200» и других программ со всей остротой ставят вопрос о необходимости решения назревших задач расчленения и корреляции схем проявления магматизма и метаморфизма крупнейших регионов России, их идентификации и быстрого внедрения в заинтересованные организации.

Координация петрографических и петрологических исследований в стране возложена на Межведомственный петрографический комитет (МПК РАН). Он создан при отделении геологии, геофизики, геохимии и горных наук (ОГГН) Российской Академии наук по согласованию с Министерством природных ресурсов РФ и Министерством образования РФ и базируется в Москве в ИГЕМ РАН (тел. (095)2308405; Fax (095)2302179; E-mail petrocom@igem.ru). В состав МПК входит 41 представитель РАН, Минприроды и Минобрнауки России. Председатель МПК РАН — академик РАН О.А.Богатиков, ученый секретарь — доктор геолого-минералогических наук А.М.Курчавов.

По утвержденному положению, Межведомственный петрографический комитет — научно-консультативный и координирующий орган в области петрографии и петрологии на территории Российской Федерации. МПК РАН наряду с другими подразделениями Президиума и ОГГН РАН, Минприроды и Минобрнауки РФ участвует в координации деятельности институтов, вузов, тематических экспедиций и партий в области теоретической и прикладной петрологии и петрографии, а также в сфере наиболее эффективного использования результатов этих исследований при системном изучении геологического строения, петрографии и минеральных ресурсов России (геологическая съемка, поиски полезных ископаемых и т.д.). МПК участвует в определении приоритетных направлений фундаментальных и прикладных петрографических исследований на территории России, в разработке методических и теоретических основ геологического картирования кристаллических комплексов, создании и апробировании региональных схем расчленения и корреляции этих комплексов, рассмотрении и утверждении предложений по совершенствованию и терминологии магматических и метаморфических горных пород. Межведомственный петрографический комитет участвует в организации и определении тематики и направлении работ всероссийских, региональных и методических совещаний, симпозиумов, семинаров по петрографии и петрологии, участвует в работе их организационных комитетов.

Одна из сторон деятельности МПК — представительство и участие в работе научно-редакционных советов по рассмотрению и апробации подготовленных к изданию Государственных геологических карт различного масштаба в части, касающейся кристаллических горных пород, их серий и формаций. МПК участвует в организации изданий литературы петролого-петрографического направления, принимает участие в работе редколлегий журналов и книг по данной тематике, в

анализе состояния исследований, проводимых в рамках федеральных, целевых научно-технических и общеакадемических научных программ, выполняемых учреждениями и организациями Российской Федерации. МПК содействует расширению международного сотрудничества в области изучения кристаллических горных пород.

Межведомственный петрографический комитет РАН осуществляет и координирует деятельность по изучению кристаллических образований территории России через утвержденные тематические комиссии и региональные петрографические советы (Петросоветы). На заседании МПК во время Второго всероссийского (IX Всесоюзное) петрографического совещания в конце июня 2000 г. в г.Сыктывкар утверждены следующие комиссии в составе МПК: по формациям и сериям магматических и метаморфических пород (председатель член-корреспондент РАН Г.В.Поляков); по вулканологии и палеовулканологии (председатель академик РАН В.А.Коротеев); по связи магматизма и рудообразования (председатель академик РАН В.И.Коваленко); по физико-химической и геодинамической петрологии (председатель академик РАН И.Д.Рябчиков); по космической петрологии (председатель академик РАН А.А.Маракушев); по петрофизике (председатель профессор Ю.С.Генштафт). Важное направление исследований осуществляет секция региональной петрографии, классификации и терминологии кристаллических горных пород (председатель профессор В.М.Терентьев), базирующаяся во ВСЕГЕИ. Данная секция курирует деятельность региональных петрографических советов, расположенных в Петрозаводске, Воронеже, Екатеринбургe, Новосибирске, Иркутске, Магадане, Хабаровске и тесно связанных с региональными научными и научно-производственными геологическими организациями.

Экономическая ситуация в стране резко снизила возможность непосредственного общения специалистов и обсуждения накопившихся материалов по кристаллическим горным породам территории страны. Вместе с тем, проведение Всероссийских петрографических совещаний в последнее десятилетие со всей очевидностью показало необходимость и важность личных контактов специалистов различной ведомственной принадлежности.

В сложившихся условиях Межведомственный петрографический комитет считает необходимым продолжить традиции Всесоюзных петрографических совещаний для подведения итогов исследований по ключевым направлениям изучения кристаллических образований земной коры и разработке основных направлений будущих исследований, периодически проводя Всероссийские петрографические совещания непосредственно в регионах с привлечением специалистов из ближнего и дальнего зарубежья. Первое Всероссийское (VIII Всесоюзное) петрографическое совещание, состоявшееся 20—23 июня 1995 г. в г.Уфа под широким тематическим девизом «Магматизм и геодинамика», в огромной степени способствовало активизации петрографических и петрологических исследований кристаллических горных пород в нашей стране.

Еще показательнее было прошедшее 27—30 июля 2000 г. Второе Всероссийское (IX Всесоюзное) петрографическое совещание в г.Сыктывкар. Данное совещание проходило под девизом «Петрография на рубеже XXI века (итоги и перспективы)». Оно подвело определенную черту под изучением кристаллических

горных пород в уходящем веке и наметило тенденции их исследования в будущем. Совещание вызвало огромный интерес специалистов различных научных и производственных организаций России, а также ближнего и дальнего зарубежья. Были представлены более 500 докладов, полностью изданные к началу совещания в четырех томах.

В докладах и материалах Второго Всероссийского петрографического совещания были рассмотрены: проблема петрологии (фашии и формации, магматические серии); космическая петрология; петрогенезис и геодинамика; метаморфизм; физико-химические и методологические проблемы петрологии; петрогенезис и рубообразование, в т.ч. гранитоиды и их рудоносность, петрографические критерии размещения платиноидной минерализации; магматизм, метаморфизм и рудоносность Урала, Восточно-Европейской платформы и Сибири. Специальная секция совещания была посвящена вопросам расчленения и корреляции схем проявления магматизма и метаморфизма регионов и картирования данных ассоциаций. Активизация усилий петрографов страны в петрологическом обеспечении программы «Госгеолкарта-200» записана как первоочередная задача в решении Второго Всероссийского петрографического совещания. На совещании были отмечены необходимость скорейшего решения проблем расчленения и корреляций магматических и метаморфических комплексов крупнейших регионов страны, всемерного внедрения в практику изучения горных пород современных методов изотопно-геохимического исследования вещества, а также необходимость координации работ по проведению радиоизотопными методами возрастного датирования петротипических комплексов.

Современные условия требуют быстрого внедрения результатов петролого-петрографических исследований кристаллических горных пород в заинтересованные организации посредством компьютерных коммуникаций. Такая работа начата в ИГЕМ РАН в рамках направления «Петрология» проекта «Минерал» (адрес в Internet <http://www.igem.ru>). Основное внимание уделено общим проблемам петрологии магматизма, эволюции магматизма в истории Земли, взаимосвязям магматизма и геодинамики (магматизм разных типов тектонических ситуаций), проблемам рудообразующей роли магматических процессов, а также классификации и номенклатуры магматических горных пород.

На ближайшие годы задачей работ по петрологическому направлению указанного проекта является разработка информационной системы для широкого круга пользователей как в стране, так и за рубежом. Необходимость такой работы вызвана тем, что в связи с бурным ростом объема геолого-петрографической информации за последние 10–15 лет существующие номенклатурные и классификационные базы значительно устарели и не описывают адекватно современную ситуацию.

Особенно остро эта проблема стоит перед практической геологией в связи с развитием по государственной программе «Геолкарта-200» — составления нового поколения геологических карт России. Ни один лист этой карты для областей развития кристаллических пород не может быть составлен и издан без четко определенной и узаконенной номенклатурной базы для этих пород. Кроме того, сходная проблема стоит и перед теоретической петрологией, где требуется унификация непрерывно поступающей новой информации как в научной периодике, так и по результатам прикладных и лабораторных исследований, а также ее согласование с рекомендациями Международного союза геологических наук. И последние по порядку, но не по важности задача — включение многочисленных данных, полученных в более ранний период, в современную систему научных координат.

В этой связи была проведена адаптация международной классификации и номенклатуры магматических горных

пород к отечественным разработкам. В качестве основы были приняты разработки Межведомственного петрографического комитета, такие как «Магматические горные породы» (1983–1988) под редакцией О.А.Богатикова и Петрографический Кодекс, разработанный во ВСЕГЕИ под руководством Н.П.Михайлова, а также «Классификация магматических (изверженных) пород и словарь терминов (Рекомендации подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук)» под редакцией Р.В.Ле Метра (1997). Эти данные обработаны в протоколе HTML и введены в раздел «Петрология» сайта «Минерал» (адрес: <http://www.igem.ru/igem/petr/class.htm>).

Проведена также модернизация (актуализация) разработанного ранее справочника средних химических составов магматических горных пород (О.А.Богатиков и др., 1986). Образцы типовых разновидностей изверженных горных пород и их вещественная характеристика находятся в Рудно-петрографическом музее ИГЕМ РАН. Данные по этим породам были переведены в протоколе HTML и также введены в раздел «Петрология» сайта «Минерал». Продолжаются работы по расширению и наращиванию уже имеющейся базы данных с учетом возможности ее дальнейшего совмещения с ГИС. В дальнейшем предполагается расширить эту базу за счет основного спектра магматических горных пород.

Одно из важнейших направлений дальнейших исследований — унификация представлений о соотношениях магматических формаций и серий магматических горных пород. Долгое время отечественная геологическая картография базировалась на представлениях о петрографических формациях, которые не нашли отклика на международном уровне, где основной единицей при картировании и петрологических исследованиях являются серии магматических горных пород. Соответственно, это приводит к серьезным взаимным трудностям при использовании данных и обмене геолого-петрологической информацией как внутри страны, так и в международном масштабе. Необходимы также дальнейшие усилия по адаптации международной классификации и номенклатуры магматических горных пород к отечественным разработкам. Необходима и дальнейшая модернизация (актуализация) разработанного ранее справочника средних химических составов магматических горных пород, что явится надежной основой для сопоставления разновозрастных магматических образований разных тектонических обстановок. Результаты исследований кристаллических горных пород публикуются в журнале «Петрология», который выходит одновременно и в английской версии «Petrology».

В связи с развертыванием исследований по геологическому изучению России и созданию карт нового поколения необходима также разработка блока по петрографическим картам (региональные карты распространения магматических комплексов, строения отдельных интрузивов, вулканических полей и т.д.) на основе цифровой топографической системы (ГИС).

Крайне ограниченные в современных условиях возможности непосредственного общения специалистов, затрудненный доступ к мировым публикациям результатов петролого-петрографического изучения кристаллических горных пород, с которыми связаны определяющие экономическую безопасность страны рудные месторождения, требуют быстрого внедрения результатов работ региональных Петросоветов и тематических комиссий Межведомственного петрографического комитета в заинтересованные организации средствами электронной информации. Современные условия диктуют необходимость создания целостной системы обмена геологической информацией, включая петрографо-петрологические данные, между соответствующими федеральными и региональными организациями.

Экспериментальное изучение кристаллизации алмаза в металл-силикатно-углеродных системах

А.А.ЧЕПУРОВ, И.И.ФЕДОРОВ, А.И.ЧЕПУРОВ (Конструкторско-технологический институт монокристаллов СО РАН)

Наиболее низкие P - T параметры синтеза алмаза (давление около 5 ГПа, температура 1400–1500°C) реализуются в металл-углеродных системах. Для образования алмаза в других системах требуются, как правило, давления 7–8 ГПа, температуры 1700–1800°C или более высокие, которые превышают P - T параметры образования алмаза по геотермобарометрическим данным (P 5–6 ГПа, T 900–1500°C) [9, 13]. Учитывая это обстоятельство, а также все чаще появляющиеся в последнее время в литературе сообщения о находках включений самородного железа и тунгстита в природных алмазах [2, 3, 9, 11], высказываются предположения [3, 7, 16] об участии расплавов переходных металлов в процессе генезиса алмаза. С другой стороны, основная масса включений в природных алмазах представлена силикатами и сульфидами [1, 4, 15], поэтому несомненно, что они присутствовали в среде кристаллизации.

Можно предположить, что, по крайней мере, некоторые природные алмазы кристаллизовались из металл-силикатно-углеродного или металл-силикатно-сульфидно-углеродного мантийного субстрата. Для экспериментального моделирования этих процессов нами проведено изучение кристаллизации алмаза в системе металлический расплав–силикатный расплав (или твердый силикат)–углерод.

Опыты проводились на многопуансонном аппарате высокого давления «БАРС». Конструкция аппарата, методика проведения опытов и измерения температуры, давления описаны в работе [9].

Использованная схема сборки ячейки высокого давления показана на рисунке. В центральной, наиболее высокотемпературной зоне ячейки находился источник углерода, выше — металл-силикатная шихта и далее

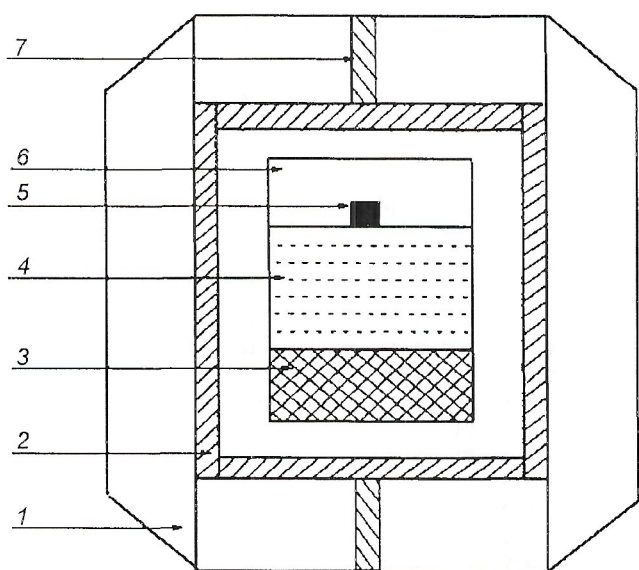


Схема сборки реакционного объема:

1 — контейнер из тугоплавких оксидов; 2 — графитовый нагреватель; 3 — источник углерода (графит); 4 — смесь Fe-Ni+силикат+графит; 5 — затравочный кристалл алмаза; 6 — таблетка из тугоплавких оксидов; 7 — электровводы

затравочный кристалл алмаза. Источником углерода служил графит марки МГ ОСЧ, а затравками — кристаллы синтетического алмаза, размером 0,3 мм. Металлическая составляющая шихты — смесь карбонильного железа и никеля марки МГ ОСЧ в массовом соотношении Fe:Ni 3:7. Смесь такого состава имеет температуру плавления ниже, чем чистые железо или никель, и она традиционно применяется нами для выращивания монокристаллов алмаза в системе Fe-Ni-C [9]. В качестве силикатных добавок использовали синтетический оливин состава (в %): SiO₂ 31,11; TiO₂ 0,07; Al₂O₃ 0,04; Cr₂O₃ 0,01; FeO 62,42; CaO 4,70; MgO 3,33; MnO 0,15 и природное стекло щелочного базальта: SiO₂ 46,60; TiO₂ 2,24; Al₂O₃ 15,27; Fe₂O₃ 4,82; FeO 6,38; CaO 6,68; MgO 4,25; MnO 0,15; Na₂O 6,14; K₂O 4,70; P₂O₅ 2,34; H₂O 0,10; CO₂ 0,004. При P - T параметрах опытов оливин не плавится, а из базальтового стекла образуется расплав, близкий по химическому составу эколгитовому.

В исходную железо-никелевую смесь добавляли 3% графита (для быстрого насыщения расплава углеродом с целью предотвращения затравок от растворения в первые минуты опыта) и требуемое количество оливина или базальта. Полученную смесь перетирали и прессовали из нее таблетку.

Условия проведенных опытов даны в табл. 1. В конце опыта образец закаливали до комнатной температуры со скоростью 150–200 град/с без снятия давления. Затем ячейку высокого давления разбирали, и продукты опытов изучали методами оптической микроскопии и рентгенографии (ДРОН-3 и УРС-55, камера «Гондольфи»). Продукты большинства опытов обрабатывали соляной кислотой для растворения металла, а синтезированные кристаллы алмаза дополнительно очищали от силикатов и графита последовательной обработкой плавиковой кислотой и окислительной смесью H₂SO₄+K₂Cr₂O₇.

Во всех опытах с металл-силикатно-углеродной шихтой графит превращался в алмаз, а также (за исключением опыта 11, см. табл. 1) рос затравочный кристалл алмаза. Твердые силикаты и силикатный расплав (не смешивающийся с металлическим) имеют меньшую плотность, и поэтому располагались в верхней части реакционного объема. В опыте с содержанием базальтового расплава 20% массы металла затравочный кристалл алмаза был блокирован силикатом и поэтому не рос. Не было синтеза алмаза и роста затравочного кристалла в опыте 5 без металла. Последнее подтверждает выводы предыдущих исследований [6, 9] о том, что при давлениях 5–6 ГПа и температурах 1400–1500°C алмаз в силикатно-углеродных системах не образуется.

Алмазы в продуктах опытов находились в виде останца источника углерода (не перенесенного в «холодную зону» ячейки) и кристаллов, размером 1–3 мм, выросших на затравке или образовавшихся путем спонтанной кристаллизации. Оставшаяся часть источника углерода представляла собой мелкокристаллический алмазный агрегат. Кристаллы алмаза в опытах с содержанием оливина 1–5 % были остросереберными октаэдрами или кубоктаэдрами желтого цвета, а при более высоком содержании силикатов образовывались кристаллы с расщепленными гранями.

Исходный оливин разлагался в опытах с образованием новых силикатных фаз (табл. 2). Эти фазы, так же как кристаллизующиеся из базальтового расплава, образо-

1. Условия и результаты опытов по кристаллизации алмаза в металл($\text{Fe}_{0,36}\text{Ni}_{0,64}$)-силикатно-углеродных системах

Номер опыта	Содержание силиката в шихте, %	Параметры опытов		
1	Оливин 1	5,5	1450	40
2	Оливин 2	5,5	1500	40
3	Оливин 5	5,5	1500	60
4	Оливин 15	6	1450	70
5	Оливин 100	5,5	1500	70
6	Базальт 2	5,5	1500	60
7	Базальт 4	5,5	1500	70
8	Базальт 4	5,5	1550	90
9	Базальт 10	5,5	1500	70
10	Базальт 17	5,5	1550	90
11	Базальт 20	5,5	1500	65

Примечание: графит не превращался в алмаз только в опыте 5; рост алмаза на затравках не происходил в опытах 5 и 11.

2. Результаты дифрактометрического изучения продукта опыта 4 (с добавкой 15% оливина) после обработки HCl

Из зоны расположения источника углерода		Из центральной зоны		Фаза
d (Å)	I	d (Å)	I	
3,35	40	3,36	90	G+(Py)
3,20	3	3,20	25	Py
2,99	4	2,99	100	Py
—	—	2,92	50	Py+(Gr)
2,90	4	2,90		
2,59	3	2,59	30	Gr+Py+Ol+(W, Sp)
—	—	2,56	20	
—	—	2,51	20	
—	—	2,48	15	
—	—	2,36	5	Gr
2,28	3	2,27	10	Gr+Py+(Ol)
—	—	2,19	8	Ol(?)
2,13	3	2,13	15	Gr+(W+Py)
—	—	2,10	5	Py+(Gr)
2,06	100	—	—	D+(Ol)
2,034	10	2,026	12	G+(Gr)
—	—	1,878	7	Gr
1,762	4	1,740	7	Ol
—	—	1,668	10	G+(Gr,Ol)
—	—	1,626	20	Py+Gr+Ol
—	—	1,618		
—	—	1,604		
1,544	2	1,543	15	Gr+(Py)
—	—	1,501	8	Py
—	—	1,447	5	(Gr,Py,Sp)

Примечание: D — алмаз, G — графит, Gr — гранат, Ol — оливин, Py — пироксен, Sp — шпинель, W — вюстит; в скобках указаны фазы, рефлексы от которых могли проявиться при данных d .

вывали сrostки с кристаллами алмаза. В продуктах опытов, проведенных с добавками базальтового стекла, диагностированы зерна граната (табл. 3), шпинели (табл. 4) и оливина (табл. 5) в сrostках с алмазом. Сравнение d шпинели и оливина с соответствующими данными из литературы (см. табл. 4, 5) свидетельствует о высокой

магнезиальности этих фаз. Хотя некоторое количество магния могло поступать в реакционную зону из материалов ячейки высокого давления, но несомненно, что содержание его резко уступало содержанию железа и никеля в среде кристаллизации. Образование совместно с алмазом высокомагнезиальных пироксенов и оливинов из

3. Результаты рентгенографического изучения (фотометод) двух мелкокристаллических агрегатов граната из опыта 10 (с добавкой 17% базальта)

hkl	Образец 1			Образец 2		
	d (Å)	I	a (Å)	d (Å)	I	a (Å)
400	2,91	8	11,64	2,90	7	11,60
420	2,62	10	11,72	2,60	10	11,63
332	2,49	3	11,68	2,48	2	11,63
422	2,39	5	11,71	2,38	4	11,66
431	2,29	5	11,68	2,29	4	11,68
521	2,14	4	11,72	2,13	3	11,67
440	2,06	1	11,65	2,053	0,5	11,61
611	1,899	5	11,71	1,894	5	11,68
620	1,847	1	11,68	1,841	0,5	11,64
444	1,689	4	11,70	1,689	4	11,70
640	1,624	10	11,71	1,620	8	11,68
721	1,593	<1	11,71	—	—	—
642	1,564	10	11,70	1,562	9	11,69
800	1,464	3	11,71	1,462	3	11,70
653	1,400	1	11,71	—	—	—
840	1,309	5	11,71	1,308	3	11,70
842	1,277	7	11,70	1,277	4	11,70
664	1,249	3	11,72	1,248	2	11,71
851	1,233	1	11,70	—	—	—
10,2,0	1,147	2	11,70	1,147	1	11,70
10,4,0	1,086	8	11,70	1,088	4	11,72
10,4,2	1,068	7	11,70	—	—	—
a _{ср} 11,70±0,01			a _{ср} 11,69±0,02			

4. Результаты рентгенографического изучения (фотометод) кристалла шпинели из опыта 10 (с добавкой 17% базальта) в сравнении с данными из картотеки ASTM

hkl	Опыт 11			MgAl ₂ O ₄ ASTM: 5-0672		Mg _{6,8} Fe _{5,8} Al ₁₁ O ₂₄ 21-540		MgFe ₂ O ₄ 17-465		NiFe ₂ O ₄ 10-325		MgFeAlO ₄ 11-9	
	d(Å)	I	a(Å)	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
111	4,67	3	8,09	4,67	0,4	4,73	2	4,85	1	4,82	2	4,80	1
220	2,86	8	8,09	2,90	6	2,90	4	2,97	4	2,95	3	2,94	4
311	2,44	9	8,09	2,44	10	2,47	10	2,53	10	2,51	10	2,51	10
222	2,33	1	8,07	2,33	0,3	—	—	2,42	0,4	2,41	0,4	—	—
400	2,021	8	8,084	2,021	6	2,05	5	2,099	3	2,085	3	2,08	4
422	1,652	6	8,093	1,649	1	1,672	1	1,713	1	1,703	1	1,70	1
511	1,558	9	8,096	1,555	5	1,576	4	1,616	3	1,605	3	1,60	5
440	1,430	10	8,089	1,429	6	1,448	6	1,485	4	1,476	4	1,47	7
531	—	—	—	—	—	1,384	0,2	—	—	1,410	0,1	—	—
620	—	—	—	—	—	1,295	0,4	1,328	0,2	1,319	0,5	—	—
533	1,234	6	8,092	1,232	1	—	—	1,281	1	1,271	1	—	—
622	1,220	1	8,093	1,218	0,1	1,232	0,2	1,266	0,2	1,257	0,3	—	—
444	—	—	—	—	—	1,182	0,4	1,212	0,4	1,204	0,5	—	—
711	1,132	2	8,084	1,131	0,2	1,147	0,2	—	—	1,168	0,1	—	—
642	1,081	4	8,089	1,080	0,4	1,095	0,4	—	—	1,115	0,5	—	—
731	1,053	10	8,088	1,052	1	1,066	2	1,093	1	1,086	2	—	—

Примечание: a_{ср} 8,09±0,007.

5. Результаты рентгенографического изучения (фотометод) кристалла оливина из опыта 10 (с добавкой 17% базальта) и значения d (Å) (Mg, Fe)-оливинов

hkl	Опыт 10		Молярная доля Fe_2SiO_4			
	d	I	0	0,05	0,0135	0,2
020	5,09	3	5,099	5,106	5,118	5,127
021	3,88	10	3,880	3,885	3,893	3,898
101	3,70	2	3,721	3,725	3,731	3,734
111	3,49	8	3,496	3,499	3,505	3,509
120			3,477	3,481	3,488	3,500
121	3,00	9	3,006	3,009	3,015	3,018
002			2,990	2,993	2,999	3,002
130	2,78	10	2,765	2,768	2,774	2,778
131	2,52	10	2,510	2,513	2,518	2,521
112	2,46	9	2,457	2,459	2,463	2,466
041	2,34	2	2,345	2,348	2,353	2,357
210	2,31	2	2,315	2,317	2,321	2,323
122	2,26	8	2,267	2,270	2,274	2,276
140			2,247	2,250	2,254	2,258
211	2,16	7	2,159	2,161	2,164	2,166
132	2,03	2	2,030	2,032	2,036	2,039
221			2,027	2,029	2,032	2,034
150	1,881	2	1,874	1,876	1,881	1,884
222	1,748	10	1,748	1,750	1,753	1,754
240			1,739	1,740	1,744	1,746
241	1,671	2	1,669	1,671	1,674	1,677
061	1,642	3	1,635	1,637	1,641	1,644
133	1,622	5	1,617	1,619	1,622	1,624
152	1,577	4	1,588	1,590	1,593	1,596
043			1,570	1,572	1,575	1,577
310			1,566	1,567	1,570	1,571
040	1,501	9	1,495	1,497	1,499	1,501
062	1,482	7	1,478	1,479	1,483	1,485

П р и м е ч а н и е: d рассчитаны по параметрам элементарной ячейки [11]: a_0 4,7540 Å, b_0 10,1971 Å, c_0 5,9806 Å (X_{Fe} 0); a_0 4,7580 Å, b_0 10,2115 Å, c_0 5,9865 Å (X_{Fe} 0,05); a_0 4,7655 Å, b_0 10,2351 Å, c_0 5,9970 Å (X_{Fe} 0,135); a_0 4,7698 Å, b_0 10,2531 Å, c_0 6,0030 Å (X_{Fe} 0,2).

оксидно-металл-углеродной шихты с резким преобладанием в ее составе железа и никеля описано также в работе [14].

В кристаллах алмаза наблюдались под микроскопом включения темных и светлых фаз. Результаты изучения включений в алмазах, синтезированных в опытах с добавками оливина, приведены в табл. 6. Включения представлены металлом, вюститом и силикатами. На рентгенограмме зерна алмаза из опыта 1 интенсивности рефлексов от металлической и силикатных фаз были близкими. Это позволяет предположить близость содержания включений этих фаз, хотя данное зерно алмаза образовалось в среде, в которой количество силикатов составляло лишь 1% массы металла.

Полученные результаты показали, что в гетерогенной среде, состоящей из металлического расплава и твердого или жидкого силиката, образование алмаза происходит при таких же P - T параметрах (5–6 ГПа, 1400–1500°C), что и в чистых металл-углеродных системах. То есть присутствие силикатов не снижает химическую способность металлических расплавов катализировать

превращение графита в алмаз. Однако силикаты могут блокировать некоторые области кристаллизационных камер, препятствуя проникновению в них металлического расплава и, следовательно, образованию алмаза. Поэтому возможность образования алмаза в таких средах зависит не только от температуры, давления, химического состава, но также от транспортных и теплофизических характеристик среды (конфигурация и объем кристаллизационной камеры, температурное поле, консистенция субстрата и т.п.).

В металл-силикатно-углеродных системах совместно с алмазом кристаллизуются силикаты, являющиеся типичными минералами природных алмазосодержащих парагенезисов — оливин, гранат, пироксен, шпинель. Они так же как металлы захватываются растущими кристаллами алмаза. Силикаты и сульфиды составляют подавляющее большинство включений природных алмазов, в то время как включения металлов встречаются редко. Одна из причин этого — возможно, способность алмазов «самоочищаться» от металлических включений при высоких P - T параметрах в посткристаллизационный

6. Результаты рентгенографического изучения (фотометод) состава включений в кристаллах алмаза, синтезированных из шихты графит+Ni_{0,64}Fe_{0,36}+оливин с содержанием оливина (по отношению к металлу) 5% (опыт 3) и 1% (опыт 1)

Опыт 3				Опыт 1			
Кристалл 1		Кристалл 2		Фаза	d (А)	I	Фаза
d (А)	I	d (А)	I				
3,04	0,5	—	—	CaCO ₃ (?)	3,91	1	Ol
2,90	1	2,88	1	Gr+Py (?)	3,51	1	Ol
2,75	0,5	2,77	0,5	Ol	2,91	1	Gr+Py(?)
2,60	1	2,58	1	Gr	2,78	2	Ol
2,49	1	2,46	1	Ol+Gr	2,60	2	Gr
1,788	3	1,785	4	(Fe,Ni)	2,53	1	Ol+Sp(?)
1,029	1	—	—	(Fe,Ni)	2,48	5	W+Ol+Gr
					2,37	2	Gr+?
					2,14	4	W
					1,783	3	(Fe,Ni)
					1,757	2	Ol
					1,681	2	Gr+Ol
					1,608	1	Gr
					1,550	2	Gr
					1,516	4	W
					1,020	3	(Fe,Ni)

Примечание: I дана относительно линии алмаза 2,06·10⁴ нм.

период [8, 9, 12]. Под действием температурного градиента включения металлов постепенно мигрируют в кристалле алмаза с переотложением алмазного вещества, в результате чего металлические включения выходят на поверхность кристалла. Силикаты и сульфиды инертны к алмазу, и их включения сохраняются в посткристаллизационный период.

Низкая железистость силикатов, кристаллизующихся совместно с алмазом в металл-силикатно-углеродных системах, обусловлена концентрацией железа в металлической фазе. Это подтверждается рассчитанной в работе [5] зависимостью железистости оливина, пироксена и граната от фугитивности кислорода в равновесии с металлическим железом при высоких *P-T* параметрах. Показано резкое уменьшение железистости силикатов с понижением фугитивности кислорода, причем при их совместной кристаллизации железистость граната должна быть выше таковой оливина и пироксена. Низкая железистость оливина и пироксена и более высокая граната характерны для включений в алмазах перидотитового парагенезиса. Это можно объяснить их кристаллизацией в высоко восстановительных условиях, обеспечивающих устойчивость переходных металлов в свободном состоянии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 99-05-64687).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буланова Г.П., Барашков Ю.П., Тальникова С.Б., Смелова Г.Б. Природный алмаз — генетические аспекты. — Новосибирск: Наука, 1993.
2. Винокуров С.Ф., Горшков А.И., Янь Нань Бао и др. Алмазы из кимберлитовой диатермы 50 провинции Ляонин (Китай) // Геохимия. 1998. № 8. С. 759—767.
3. Горшков А.И., Янь Нань Бао, Бершов Л.В. и др. Включения самородных металлов и других минеральных фаз в алмазах из

- кимберлитовой трубки № 50 провинции Ляонин (Китай) // Геохимия. 1997. № 8. С. 794—804.
4. Соболев Н.В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. — Новосибирск: Наука, 1974.
5. Федоров И.И., Чепуров А.И., Сонин В.М. и др. Влияние фугитивности кислорода на железистость силикатов в условиях верхней мантии // Геохимия. 1999. № 9. С. 961—966.
6. Чепуров А.И., Пальянов Ю.Н., Федоров И.И. Экспериментальное исследование кристаллизации алмаза // Минералообразование в эндогенных процессах. Новосибирск, 1987. С. 26—40.
7. Чепуров А.И., Сонин В.М. О кристаллизации углерода в силикатных и металл-силикатных системах при высоком давлении // Геология и геофизика. 1987. № 10. С. 78—81.
8. Чепуров А.И., Сонин В.М., Хохрякова И.П., Багрянцев Д.Г. Взаимодействие металлов в свободном состоянии с алмазом при высокотемпературном отжиге // Геология и геофизика. 1995. № 7. С. 65—72.
9. Чепуров А.И., Федоров И.И., Сонин В.М. Экспериментальное моделирование процессов алмазообразования. — Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1997.
10. Чичагов А.В., Сипавина Л.В. Рентгенометрические параметры твердых растворов. — М.: Наука, 1982.
11. Bulanova G.P., Griffin W.L., Ryan C.G. Nucleation environment of diamonds from Yakutian kimberlites // Mineral. Magazine. 1998. Vol. 62 (3). P. 409—419.
12. Chepurov A.I., Fedorov I.I., Sonin V.M. et al. Diamond formation during reduction of oxide-, silicate-carbonaceous systems at high *P-T* parameters // European Journal of Mineralogy. 1999. № 2. P. 355—362.
13. Chepurov A.I., Sonin V.M., Fedorov I.I. et al. Behaviour of inclusions during the thermal treatment of synthetic diamonds at high pressure // Regularities of Evolution of the Earth Crust. International Conference. Abstracts. St.Petersburg, 1996. Vol. 2. P. 200.
14. Doroshov A.M., Pal'yanov Yu.N., Turkin A.I. et al. Experimental investigation of joint crystallization of diamond with minerals of eclogites and peridotites // Sixth International Kimberlite Conference. Extended abstracts. Novosibirsk, 1995. P. 135—137.
15. Meyer H.O.A. Mineralogy of the upper mantle: a review of the minerals in mantle xenoliths from kimberlite // Earth Sci. Rev. 1977. Vol. 13. P. 251—281.
16. Simakov S.K. Redox state of Earth's upper mantle peridotites under the ancient cratons and its connection with diamond genesis // Geochim. Cosmochim. Acta. 1998. Vol. 62. № 10. P. 1811—1820.

рений-осмиевого метода были датированы параметрированные по глубинам ксенолиты из разновозрастных кимберлитов различных участков Каапваальского кратона. Датировались мантийные ксенолиты, вынесенные из разноуровневных участков мантии, при том что кимберлиты размещены в участках кратона с возрастом древнее и моложе 2,7—3,6 млрд. лет. Установлено, что в участках древнего кратона возраст коры когерентен таковому веществу мантии до глубин почти 250 км. Эта закономерность нарушена в относительно молодых участках кратона. Данные, таким образом, подтверждают, с одной стороны, существование мощных «килей», «корней» кратонов, глубоко погруженных в верхнюю мантию, а с другой, свидетельствуют о возрастной когерентности коры и верхней мантии, взаимосвязи и взаимообусловленности их развития.

Следовательно, кора континентов, так же как и литосферная мантия континентов, латерально и вертикально неоднородна, гетерогенна, и время возникновения этой гетерогенности в пределах различных уровней литосферы континентов соответствует примерно 1—3 млрд. лет.

Характерная особенность строения континентальной коры — направленное уменьшение ее мощности, изменение состава и строения по мере перемещения от центра к периферии континентов [4, 16], приуроченность к окраинам континентов структур с редуцированной верхней корой — докембрийских платформ, щитов, безграничных впадин, эвгеосинклинальных систем. При этом сокращение мощности коры и изменение ее строения происходят по-разному в пределах активных и пассивных окраин континентов: в активных окраинах верхняя кора мощнее по сравнению с пассивными, подтверждением чему служит присутствие фрагментов полновыраженной континентальной коры в поднятиях окраинных морей (Ямато, Криштофовича и др.). В целом, тенденция уменьшения мощности континентальной коры по мере движения от центра к периферии континентов сочетается с изменением строения коры океанов по мере движения от их центральных частей к окраинам, увеличением мощности коры океанов, ее усложнением по мере появления окраинно-океанических поднятий (Роколл, Воринг, Экмут, Натуралистов, Шатского, Хесса, Онтног-Джава, Кемпбелл, Четем и др.) и поднятий окраинных морей. Возникает вопрос: как непосредственно сочленяются коры континентов и океанов в областях перехода континент—океан и, в частности, как сочленяются нижние части коры континентов и океанов — нижняя кора континентов и третий слой коры океанов, при том что они характеризуются близким составом — ультрамафит-мафическим и обладают близкими скоростными характеристиками (6,8—7,4 км/с)? Общая тенденция изменений состава и строения коры в областях перехода континент—океан — выклинивание верхней коры и взаимопереход нижней коры континентов и третьего слоя коры океанов, при том что непосредственно их сочленение на геолого-геофизических разрезах изображено знаком вопроса, неопределенным («пустым») промежуток или условной тектонической границей [2, 27]. В отдельных случаях (Фролова и др., 1989) кора континента вблизи его окраины разделена на нижнюю и верхнюю. В области перехода континент—океан верхняя кора выклинивается, а нижняя без перерыва прослеживается в океан, что предполагает единую природу нижней коры континента и третьего слоя коры океана. В пределах пассивной окраины юго-запада Африки [29] сочленение коры континента и океана происходит через шарнирную зону, которая в сторону континента сменяется полосой коры континента, осложненной мезозойским рифтогенезом; непосредственное сочленение

коры континента и океана и здесь обозначено полосой неопределенности.

Все сказанное вызывает необходимость анализа современных сведений о составе и строении коры океанов и особо ее третьего базальтового слоя.

Характерная особенность коры океанов, так же как и коры континентов, — латеральная и вертикальная неоднородность, проявленная как в целом в коре, так и в каждом из слагающих ее слоев: осадочном, базальтовом и кристаллическом ультрамафит-мафическом.

Неоднородность состава и строения первого слоя коры океанов подчеркивается значительными вариациями его мощности — от практического отсутствия осадков в срединно-океанических хребтах (СОХ) до многокилометровой их мощности в пределах окраинно-океанических впадин. Состав осадочных отложений изменяется от глубинного пелагического до субконтинентального, а возраст от современного, кайнозойского, юрско-мелового до рифей-палеозойского в пределах окраинно-океанических поднятий (плато Экмут северо-западной окраины Австралии и др.).

Неоднородность состава и строения второго, базальтового слоя фиксируется вариациями петрографического состава — от коматитов о.Горгона и Кюрасао до трахитов и риолитов островов Южной Атлантики. Петрографическая и петрохимическая неоднородности вулканитов океанов сопровождаются и их изотопно-геохимической неоднородностью, о которой мы поговорим далее. Особый интерес представляет анализ данных о составе и строении третьего слоя коры океанов, полученный глубинными драгированием и бурением, наблюдениями с подводных обитаемых аппаратов.

Данными глубоководного драгирования в различных частях Мирового океана [8, 9, 22, 23] установлены наряду с мафит-ультрамафитовыми разнообразными по составу магматические и метаморфические породы гранулитовой и амфиболитовой фаций, гранитоиды. Литологическими исследованиями в океанах достаточно определенно установлена возможная граница ледового разнуса [17], и большая часть обнаруженных драгированием пород коры континентов находится, скорее всего, в автохтонном залегании.

Наибольший интерес представляют пока немногочисленные данные глубоководного бурения, среди которых выделяются результаты бурения скв. 735В, расположенной в юго-западной части Индийского СОХ, южнее Мадагаскарского поднятия [48]. Скважиной на протяжении 435 м вскрыты кристаллические породы основного состава, тектонизированные и олиметаморфизованные в условиях гранулитовой, амфиболитовой фаций, пронизанные жилами пород, по составу сходными с трондьемитами. Тектонизированные, полиметаморфизованные породы основного и ультраосновного составов наиболее часто драгированы в пределах различных СОХ в ассоциации с метаморфизованными вулканитами, что позволило некоторым исследователям [36] считать СОХ «окнами» в основании коры океанов, а сами породы третьего слоя по составу и строению сопоставлять с древнейшими комплексами — аналогами серии Онвервахт Южно-Африканского кратона.

Наиболее примечательны, хотя и крайне немногочисленны данные о составе и строении третьего слоя, полученные в процессе наблюдений с подводных обитаемых аппаратов. Так, по данным К.Мевел [46], в пределах подводных гор Ормонд и Геттисберг хр.Горриндж в Атлантике тектонизированные, рассланцованные породы третьего слоя «несогласованно» перекрыты базальтами второго слоя, не претерпевшими глубоких метаморфических изменений. Здесь же тектонизированные кристаллические породы третьего

Кора континентов и океанов: анализ геолого-геофизических и изотопно-геохимических данных

Б.А.БЛЮМАН (ВСЕГЕИ)

В 1957 г. вышел сборник статей «Земная кора» под редакцией А.А.Польдерваарта [14]. Сборник открывался двумя статьями, посвященными различиям коры континентов и океанов: первая геофизиков М.Юнга и Ф.Пресса, вторая — геолога, вернее, петролога Дж.Гиллули. Геофизики считали различия коры континентов и океанов значимыми и конечными, петролог полагал, что эти различия носят количественный, статистический характер: имеются океанские граниты и континентальные «океаниты». Аналогичных взглядов придерживался и отечественный петролог Г.Д.Афанасьев (1960). Несколько позднее геофизик Н.К.Булин (1979) отмечал, что мощность коры океанов значительно больше, чем это принято считать. Сегодня дискуссии между сторонниками «геофизической» и «петрологической» точек зрения практически прекращены в связи с, казалось бы, окончательно утвердившимся положением о конечных различиях состава и строения коры континентов и океанов. Тем не менее, и сегодня появляются работы, в которых, исходя из фактических данных по геологии, обосновывается «петрологическая» точка зрения об отсутствии принципиальных различий в составе и строении коры континентов и океанов [19, 21].

Анализ геолого-геофизических данных показывает, что основная характеристика консолидированной коры континентов — ее латеральная и вертикальная неоднородность — геоблоковая делимость, в понимании Л.И.Красного [15]. При устойчивой в среднем (45–55 км) мощности ее строение, соотношения нижняя–высокоскоростная и верхняя–среднескоростная кора значительно различны в разнотипных структурах континентов — платформах и подвижных областях. Так, древние платформы — средоточие участков с относительно воздымающейся поверхностью нижней гранулит-базитовой коры, выходы которой на щитах древних платформ представлены ареально распространенными гранулит-базитовыми комплексами. Эти же комплексы преобладающе распространены по периферии континентов, преимущественно в пределах пассивных окраин континентов [13], а в их строении выявляется подобие внутри- и циркумконтинентальной зональности [6]. Характерная особенность строения коры древних платформ — сочетание в них участков с редуцированной верхней корой — интернуклеаров и участков с двухуровневой нижней и верхней — нуклеаров, по М.З.Глуховскому [12]. Особо интересны внутри- и окраинно-континентальные структуры с редуцированной верхней гранитно-метаморфической корой. Подобного типа структурами являются интернуклеары древних платформ, отчасти их синеклизы, а также «безграницные» впадины [11], расположенные по-разному внутри континентов: в их внутренних частях (Прикаспийская, Суньяло), на окраинах континентов (Мексиканская), в пределах периокеанических бассейнов (Баренцевоморские, Североморская). В пределах подвижных областей также имеются структуры с относительно редуцированной верхней корой — эвгеосинклинальные системы типа Тагило-Магнитогорского синклинория Урала [5]. Общее для подобного типа структур, независимо от их

тектонической принадлежности (платформа, подвижный пояс), — активное проявление, особенно на ранних стадиях их развития, процессов ультрамафит-мафитового мантийного магнетизма, обусловленного, по-видимому, в первую очередь, относительно сокращенной мощностью коры, повышенной ее проницаемостью и относительно сокращенной мощностью литосферы по сравнению со структурами с полновыраженной корой.

Подвижные области фанерозоя в отличие от древних платформ характеризуются преобладающим распространением в их основании полновыраженной — нижней и верхней корой. Выходы нижней коры фрагментарны в пределах эвгеосинклинальных зон и срединных массивов, при том что площади, занятые эвгеосинклинальными системами, увеличиваются в относительно «молодых» подвижных системах, расположенных по периферии континентов, вблизи их активных окраин, еще раз подтверждая общую тенденцию сокращения мощности континентальной коры по периферии континентов.

Геофизическими данными установлена определенная зависимость между скоростными параметрами нижней коры и поверхностью Мохоровичича, а также взаимозависимость состава и строения коры, мощности коры и литосферы. В фундаменте древних платформ [10] установлено, что высокоскоростная (6,9–7,4 км/с) нижняя кора подстилается также высокоскоростной мантией (8,4–8,6 км/с). В участках с полновыраженной — нижней и верхней корой — разуплотнение нижней коры происходит в случае приращения к ней сверху гранитно-метаморфической коры, что одновременно сопровождается разуплотнением верхней мантии — уменьшением скоростных параметров поверхности М до «нормальных» (7,9–8,1 км). Взаимосвязаны также состав, строение коры, мощность литосферы: в участках с редуцированной верхней корой по сравнению с участками с полновыраженной мощностью литосферы сокращена.

Подобного рода взаимоотношения могут петрогенетически интерпретироваться вполне определенным образом. Формирование в раннем архее высокометаморфизованных гранулитовых комплексов обусловлено приближением к основанию протокры мантийного астенолита; его «остывание», передача теплового возбуждения в протокры, ее гранулитовый метаморфизм определяют возникновение литосферной «пары» — высокоплотная мантия–высокоскоростная кора. Формирование позднее (поздний архей–ранний протерозой) верхней коры — амфиболитовый метаморфизм супракрустальных образований — вызвано проявлением последующего (после раннего архея) этапа теплового возбуждения верхней мантии, смешивающегося относительно раннего на более глубокие уровни мантии. Передача теплового возбуждения сквозь раннюю высокоплотную мантию сопровождалась ее разуплотнением, так же как и разуплотнением высокоскоростной коры. Таким образом, приращение коры «вверх» гранитно-метаморфической корой сопровождается одновременным приращением «вниз» и мощности литосферы.

Эта модель подтверждена недавно опубликованными данными Д.Пирсона и других [47]. С использованием

слоя прорваны недеформированными дайками, питающими вышележащие базальты, что определенно позволяет предполагать значительный разрыв во времени и условиях формирования третьего и второго слоев океана. Радиологическими данными [25] подтверждается древний, раннедокембрийский возраст (1—3 млрд. лет) кристаллических пород, драгированных в пределах Срединно-Атлантического хребта, так же как и древний возраст (1,6 млрд. лет — самарий-неодимовая изохрона) тектонизированных и метасоматически измененных ультрамафитов скал Святых Петра и Павла. Тем не менее «прямых» свидетельств о составе и строении третьего слоя коры океанов крайне мало, и вполне естественно желание использовать какие-либо косвенные данные для суждения об этом.

Экспериментально изучены (Watson, 1982) различные аспекты — петрологические и изотопно-геохимические — взаимодействия мантийных расплавов с веществом коры. Его петрохимические следствия установить трудно при взаимодействии мафических расплавов и существенно мафических пород нижней гранулит-базитовой коры. Для этого гораздо предпочтительнее анализировать изотопно-геохимические данные.

Рассматривая проблему взаимодействия мантийных расплавов с веществом коры, необходимо, прежде всего, конкретизировать изотопно-геохимические характеристики возможных коровых компонентов смещения. В системе координат неодим-стронциевых изотопных отношений или их нормативных величин ε определенные компоненты нижней и верхней коры значительно различаются. На диаграмме (рис. 1) в координатах этих отношений породы нижней гранулит-базитовой коры образуют тренд, круто наклоненный в область значительных отрицательных ε_{Nd} и смещенный в область пониженных ε_{Sr} . Породы верхней коры на этой же диаграмме образуют пологонаклонный тренд в область повышенных ε_{Sr} , располагаясь в области отрицательных ε_{Nd} . Весьма характерны изотопные параметры вулканитов древнейших гранит-зеленокаменных областей: на этой же диаграмме они расположены вблизи «мантийной плоскости», характеризуются крайне низкими I_{Sr} около 0,7002, но повышенными изотопными отношениями свинца, что может быть обусловлено их недеплетированностью ураном и торием [24]. Геохимически (спектры РЭЗ) породы нижней и верхней коры континентов различаются наличием или отсутствием в спектрах РЭЗ европиевых аномалий. Так, вулканиты зеленокаменных областей в зависимости от состава обладают различными спектрами РЭЗ, но в них отсутствуют какие-либо европиевые аномалии. Наоборот, в породах нижней коры отчетливо выражена положительная европиевая аномалия, а в породах верхней — отрицательная.

Нами были проанализированы изотопно-геохимические и геолого-геофизические данные по преобладающему большинству покровных провинций базальтов: Сибирской платформы [42, 49], Декана [32], Параны [43], Карру [35], Брито-Арктической [51], Гренландии и Мадагаскара [45]. На диаграммах стронций-неодимовых отношений и их нормированных значений провинций покровных базальтов устойчиво воспроизводятся два тренда изменения изотопных характеристик — полого- и крутонаклонный (рис. 2, 3), интерпретируемые как следствие смещения деплетированных расплавов с радиогенно обогащенными различными компонентами коры континентов: нижней коры — крутонаклонный тренд и верхней — пологонаклонный. Дополнительное подтверждение смещения мантийного вещества с коровым — появление на диаграммах изменения спектров РЭЗ, согласованных с изотопными трендами нижне-коровых — положительных и верхнекоровых — отрица-

тельных европиевых аномалий [1]. При этом степень выраженности на изотопных диаграммах одного или обоих трендов изменения изотопных характеристик прямо зависит от состава и строения подбазальтовой коры. Так, на диаграмме базальтов о.Скай (Брито-Арктическая провинция), подстилаемых Луизианскими гранулитами, отчетливо выражен один нижнекоровый тренд [51]. Дополнительное подтверждение смещения мантийных расплавов с веществом древней коры континентов — данные изохронного датирования мезо-кайнозойских покровных базальтов различных провинций, показывающих «удревненные» возраста 1,9—3,2 млрд. лет [31, 35, 51]. Кроме того, в строении покровных базальтовых серий устанавливается взаимосвязь со строением подбазальтовой коры. Так, в южной и западной частях провинции Парана и Декан, а также на западе провинции Карру, где по геофизическим данным присутствуют нижняя и верхняя коры [4, 16], появляются риолиты. Таким образом, оказывается возможным, анализируя латеральные и вертикальные изотопно-геохимические особенности покровных базальтов континентов, судить о составе и строении подстилающей их коры.

Так же как и покровным базальтам континентов неоднородность присуща базальтам разнотипных структур океанов: срединно-океанических хребтов, внутри- и окраинно-океанических поднятий, асейсмичных хребтов. В силу естественных причин наиболее изучены базальты океанических островов (ОИВ). Базальты маленького (8 км²) о.Питкерт, расположенного к западу от Восточно-Тихоокеанского поднятия, в координатах стронций-неодимовых изотопных отношений показаны на рис. 4. На диаграмме отчетливо выделяется круто наклонный тренд, отвечающий последовательно формирующимся вулканическим сериям — Телсайд и Адамстаун. Оказывается, что пример о.Питкерт далеко не единичен, и еще задолго до опубликования этой работы С.Харт [39] объединил на сводной диаграмме 348 изотопных стронций-неодимовых анализов базальтов океанических островов (рис. 5). На этой сводной диаграмме он обособил два тренда, отвечающие каждый одному из радиогенно обогащенных компонентов смещения и уже известным нам трендам — полого- и крутонаклонному, соответственно ЕМ I и ЕМ II. Выявлен также третий тренд — компонент НМУ — высокое μ —²³⁸U/²⁰⁴Pb, направленный от мантийной плоскости в сторону наиболее пониженных ε_{Sr} и невысоких отрицательных ε_{Nd} . Каждый из выделенных компонентов и соответствующих им трендов неоднократно воспроизводился в ОИВ различных мест, но типовым является тренд Китового хребта (ЕМ I), о.Самоа (ЕМ II), Святой Елены—Табуаи—Манагаи (НМУ). Базальты с компонентом НМУ характеризуются наиболее высокими свинцовыми изотопными отношениями. Необходимо отметить, что С.Харт, составляя выборку базальтов, исключил из нее все вулканы небазальтового состава, хотя хорошо известно, что среди вулканитов океанических островов присутствуют породы щелочного и более кислого составов относительно базальтов, имеющие радиогенно обогащенные характеристики. Не трудно представить, что если бы эти анализы были включены С.Хартом в выборку, то в этом случае выделенные им тренды были бы выражены более отчетливо, а на диаграмме были бы более протяженными.

Латеральная неоднородность изотопно-геохимических особенностей базальтов океанов была установлена французскими геохимиками Б.Дюпре, К.Аллегре [34], которые по данным Rb-Sr изотопии базальтов Индийского океана обособили крупные, глобального масштаба радиогенно обогащенные аномалии, протягивающиеся из океанов на сопредельные континенты. В дальнейшем

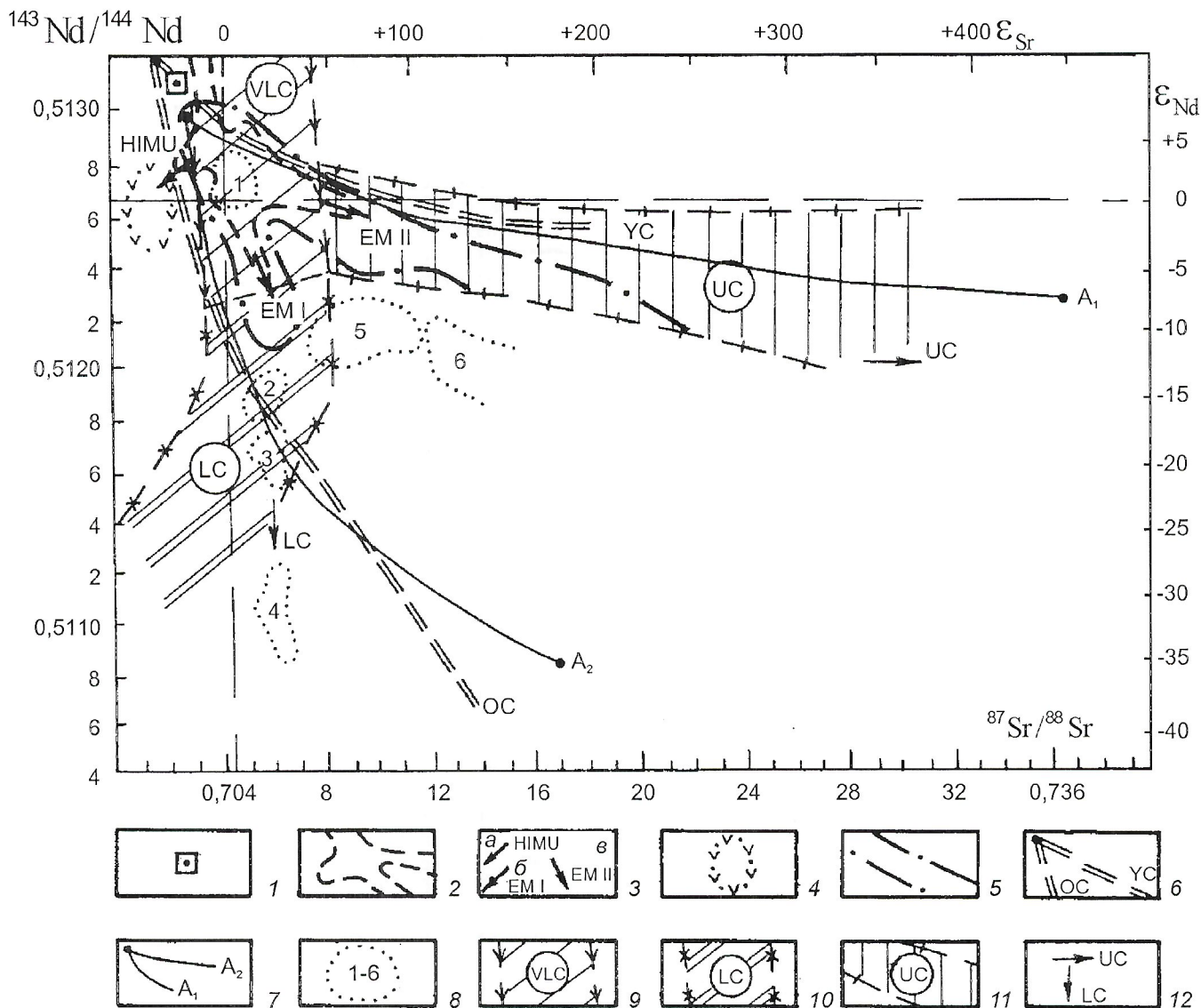


Рис. 1. Кора континентов, базальты континентов и океанов, гипербола смещения в системе координат неодим-стронциевых изотопных отношений:

1 — N-MORB (среднее из 125 ан.) [33]; 2 — базальты океанических островов, 300 ан. 43 островов [33]; 3 — компоненты изотопного смещения (а — HIMU, б — EM I, в — EM II) [33]; 4 — поле изотопных составов вулканитов гранит-зеленокаменных областей [24, 37, 40]; 5 — покровные базальты континентов (CFB): Сибирская платформа — Норильский и Талнахский районы [42, 49], траппы Декана-Махабалеивар, Амбелани, Поладпур, Буш [32], траппы Параны — север и юг [43], траппы Карру — Северное и Южное Лебомбо, Нуантези, Етендека [35], базальты Мадагаскара [45], базальты Внешних Гебрид, северо-восток Гренландии, палеоген-неогеновые лавы о.Скай и Ян-Майен [51]; 6 — гипербола смещения деплетированной мантии с компонентами древней (OC) и молодой (YC) кор континентов [28]; 7 — то же, пород коры континентов (A₁ — гранит, верхняя кора, A₂ — гранулит, нижняя кора) и толеитов плато Колумбия [26]; 8 — лампроиты и кимберлиты (цифры на рисунке: 1 — кимберлиты группы 1; 2, 3 — Лейцитовые Холмы; 4 — Смоки Бьют; 5 — кимберлиты группы 2; 6 — лампроиты Западной Австралии [41]); 9 — породы «очень» нижней коры (VLC): гранулиты основного состава из ксенолитов; 10 — гранулиты основного-среднего состава нижней коры (LC) [24, 26, 30]; 11 — метаморфические породы и граниты верхней коры (UC) [24, 26, 28]; 12 — нижняя (LC) и верхняя (UC) коры [20]

С.Харт [38] дополнительно проанализировал данные по базальтам южного полушария и выделил ряд радиогенно обогащенных аномалий (Sr-Nb-Pb), наиболее крупную из которых, протянувшуюся почти циркумглобально в интервале 0–30° к югу от экватора, назвал в честь первооткрывателей К.Дюпре и Б.Аллегре — аномалией Дюпаль. Впоследствии в Тихом океане практически в пределах аномалии Дюпаль была выделена региональная аномалия SOPITA [50] — южнотихоокеанская изотопная и термическая аномалия. Внутри этой аномалии (Французская Полинезия) была установлена неоднородность, подчеркнутая преобладанием в различных (центр, север, юг) ее участках в базальтах различных компонентов смещения — EM I, EM II и HIMU (о.Табуаи и Манагаи). При этом внутри каждого участка отдельные вулкани-

ческие постройки характеризуются латеральными и вертикальными изотопно-геохимическими неоднородностями.

Существование подобного рода разноранговых (разномасштабных) неоднородностей было продемонстрировано А.Циндлером и С.Хартом [53]. Ими составлена диаграмма (рис. 6) в координатах: линейные размеры неоднородностей — относительные вариации Sr-Nd-Pb изотопных отношений. На диаграмме фиксируется почти линейная зависимость, локально нарушаемая в пределах отдельных островов.

Эти данные свидетельствуют о существовании разноранговой (от километра до сотен тысяч километров) изотопной неоднородности базальтов океанов, трактуемой как следствие смешения деплетированных расплавов с радиогенно обогащенным веществом

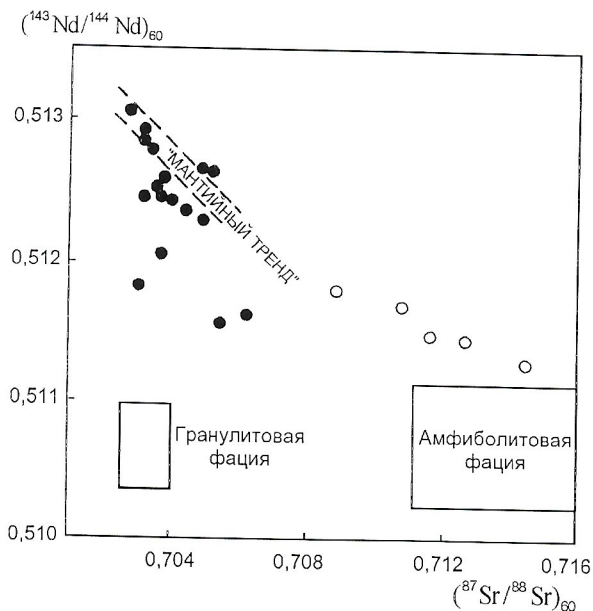


Рис. 2. Диаграмма базальтов о.Скай и Малл, *Dickin, 1981*

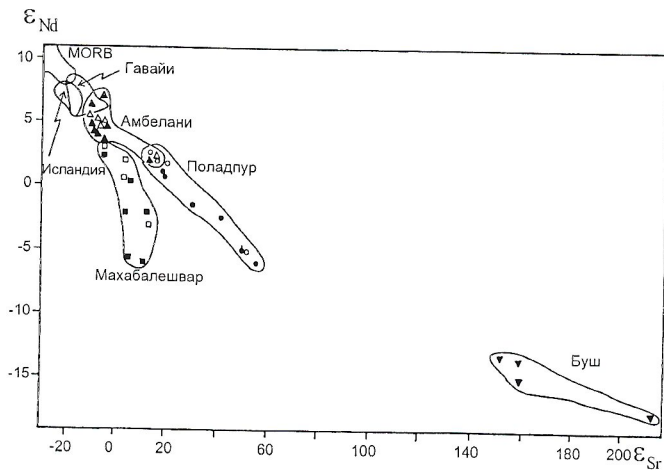


Рис. 3. Диаграмма в координатах ϵ_{Nd} - ϵ_{Sr} траппов Декана [32]

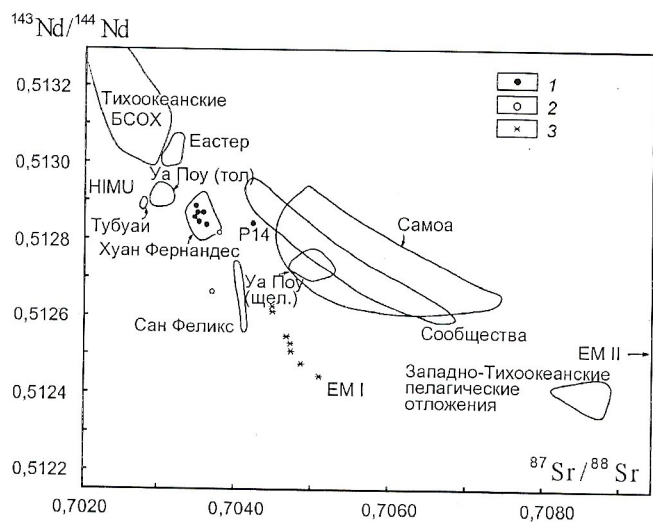


Рис. 4. Диаграмма лав о.Питкертун в соотношениях с MORB и базальтами других островов Тихого океана [52]:

вулканы: 1 — Адамстаун/Крисчен Кейв, 2 — Пулавана, 3 — Тедсайд

отдельных доменов мантии. Наиболее значимым при этом является тот факт, что подавляющее большинство геохимиков считают, что время возникновения этих доменов, неоднородностей в мантии 1—3 млрд. лет [26, 38, 53]. Здесь же уместно напомнить, что подобный возраст имеет латеральная неоднородность верхней мантии и коры континентов, при том, что в пределах древних кратонов выявлена хронологическая когерентность древней коры «подстилающей» ее верхней мантии [47].

Косвенным подтверждением смешения мантийных расплавов с древним радиогенно обогащенным веществом являются данные К.Брукса и др., проанализировавших представительный материал Rb-Sr изохронного датирования базальтов и океанических островов (167 анализов щелочных базальтов и 109 — толеитов). Изохронные возраста по выборкам 4—20 анализов изменяются от 248 до 1570 млн. лет; 1570 млн. лет — датировка «среднее по толеитам плюс MORB», щелочные базальты (усредненные данные по 20 образцам) 600 ± 210 млн. лет; толеиты (среднее из 16 анализов по островам) 1430 ± 180 млн. лет), щелочные базальты о.Самоа (14 анализов) 584 ± 210 млн. лет.

В связи с древним возрастом формирования изотопной гетерогенности мантии океанов геохимики вынуждены решать проблему: каким образом могла сохраниться в условиях конвекции в мантии эта разноранговая неоднородность, которая должна была бы гомогенизироваться, уничтожиться конвективными течениями. Если признавать присутствие древних радиогенно обогащенных компонентов смешения в мантии океанов, то вновь возникает вопрос: каким образом эти древние компоненты были инкорпорированы в мантию? Декларируется рециклинг радиогенно обогащенных компонентов коры континентов (палагические или терригенные осадки) или гипотетической древней океанической коры их субдупирования в мантию [34, 38, 53]. При этом рассматривается геодинамическая сторона этого явления, хотя совершенно невероятным представляется практически одновременное и древнее сосуществование неясно расположенных и взаимодействующих зон палеосубдукции, создающих в мантии соседствующие неоднородности, размерами от единиц до сотен тысяч километров. Таким образом, оба кардинальных для геохимии и геодинамики вопроса о возможной причине доменной изотопно-геохимической изменчивости базальтов океанов остаются безответными.

В связи с этим возникает вопрос, нельзя ли еще каким-нибудь образом трактовать природу радиогенно обогащенных компонентов смешения океанических базальтов? Для этого на диаграмме в координатах Sr-Nd изотопных отношений нами [7] были совмещены изотопные характеристики покровных базальтов континентов, базальтов океанических островов, а также различных компонентов коры континентов: нижней гранулит-базитовой, верхней гранитно-метаморфической и вулканитов древнейших гранит-зеленокаменных областей (см. рис. 1). Сопоставление взаимоперекрывающихся и графически подобных полей базальтов континентов, океанов и различных компонентов коры континентов показывает, что в обеих группах базальтов фиксируются сходные тренды изменения изотопных характеристик с одинаковыми тенденциями, позволяющими сопоставить конечные компоненты смешения базальтов океанов (OIB) и континентов (CFB) с определенными компонентами коры континентов: EM I — с гранулитами нижней коры, EM II — с породами верхней гранитно-метаморфической коры, а компонент HIMU — с вулканитами древнейших гранит-зеленокаменных областей. Анализируя подобие в этих базальтах (OIB и CFB) компонентов их изотопного смешения не следует забывать об их сходстве по ряду признаков [44], а также о

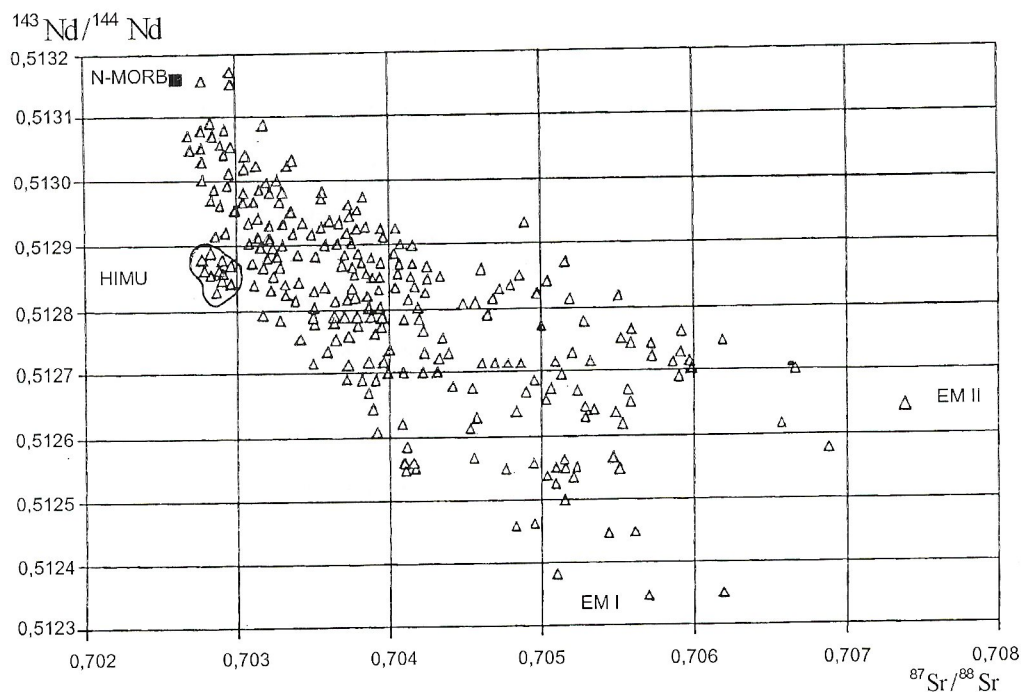


Рис. 5. Диаграмма базальтов океанических островов:

квадрат — усредненные анализы (125) базальтов N—MORB [39]

фактах взаимопереходов покровных базальтов ряда провинций континентов и второго слоя коры океанов [18]. Из этого следует, что сходство состава и строения базальтов океанических островов и покровных базальтов

континентов, а также компонентов их изотопного смешения с определенными компонентами коры континентов позволяет предполагать, что в основании коры океанических островов присутствуют (могут присутствовать) определенные фрагменты коры континентов [7]. В свою очередь латеральные изменения изотопно-геохимических особенностей базальтов океанических островов, так же как и аналогичные изменения в покровных базальтах континентов могут быть обусловлены мантийно-коровым взаимодействием и вариациями состава и строения подбазальтовой коры. Ранее к подобному выводу пришел Ю.Д.Пушкарёв, по мнению которого «компактность» полей океанических вулканитов на диаграмме Sr-Nd изотопных отношений по сравнению с континентальными вулканитами при общем их подобии свидетельствует о том, что главная причина вариаций изотопных составов в обоих случаях одна и та же и определяется смешением корового вещества с мантийным. Наиболее сильно это смешение происходит при проникновении вулканитов через континентальные породы [20].

С учетом сведений о возрастной когерентности древней коры кратонов и их литосферной мантии (1—3 млрд. лет) и времени возникновения изотопной гетерогенности в мантии океанов (1—3 млрд. лет) вполне обоснованным представляется предположение о существовании выше литосферной мантии океанов такой же древней коры, как и у древних кратонов континентов. В этом качестве может выступать третий слой коры океанов, о чем дополнительно свидетельствуют приведенные выше данные об его составе, строении, возрасте и соотношениях по геолого-геофизическим данным с гранулит-базитовым слоем коры континентов.

На основе имеющихся данных можно лишь предполагать сходство, но не подобие гранулит-базитового слоя коры континентов и третьего слоя коры океанов, отчетливо осознавая более мафический состав последнего по сравнению с континентальными гранулитами при общности их полиметаморфического происхождения. Бесспорное отличие коры континентов от таковой

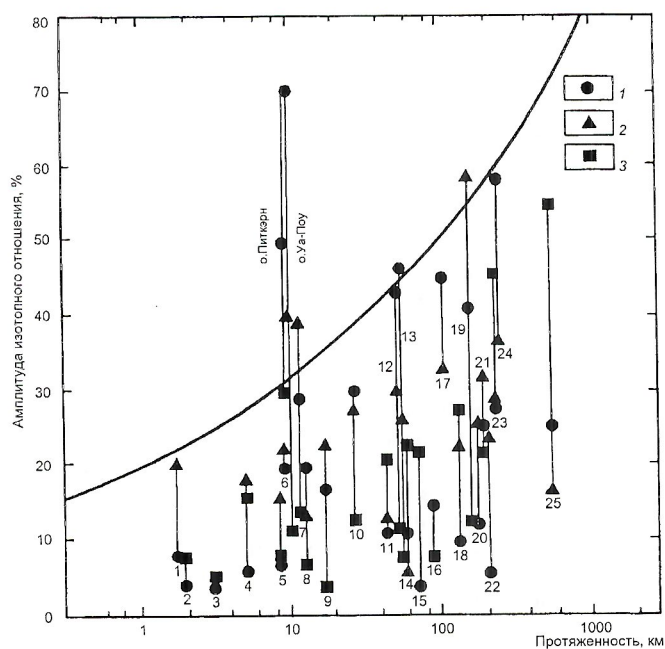


Рис. 6. Диаграмма в координатах амплитуды изменения изотопных отношений—линейная протяженность изотопных неоднородностей [53], с дополнением данных по о.Питкэрн и Уа-Пуу (Тихий океан) [52]:

1 — Sr; 2 — Nd; 3 — Pb; 1 — подводная гора 6; 2 — Фамоус; 3 — Каймекс; 4 — Рейкьянес; 5 — Лоихи; 6 — юго-запад Индийского СОХ; 7 — о.Оаху; 8 — о.Святой Елены; 9 — Халеакала; 10 — о-ва Кергелен; 11 — Гавайские острова; 12 — Азорские острова; 13 — Маркизские острова; 14 — Канарские острова; 15 — Росс; 16 — о-ва Фиджи; 17 — о-ва Самоа; 18 — о. Исландия; 19 — о. Кергелен; 20 — подводные горы 6—8; 21 — Китовый; 22 — разлом Кейн; 23 — о-ва Галапагос; 24 — сообщества; 25 — СХХ

океанов — практическое отсутствие в последней верхнего гранитно-метаморфического слоя, появление (фрагментарное) которого отмечено лишь в окраинно-океанических и поднятиях окраинных морей. Подобного рода тенденции имеет «встречный» характер по отношению к направлению редукции верхней гранитно-метаморфической коры, проявленной по мере смещения от центральных частей континентов к их окраинам.

Анализ геолого-геофизических и изотопно-геохимических данных о составе и строении коры континентов и океанов и их соотношениях позволяет, таким образом, принять положение петрологов Дж.Гиллули (1947) и Г.Д.Афанасьева (1960) об отсутствии принципиальных различий коры континентов и океанов применительно, в частности, к их базальным слоям — гранулит-базитовому коры континентов и третьему мафическому кристаллическому слою коры океанов, а также согласиться с мнением Дж.Гиллули о том, что различия коры континентов и океанов носят количественный, «статистический» характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альмухамедов А.И., Золотухин В.В., Смирнова Е.В. Редкоземельные элементы в траппах древних платформ // Докл. АН СССР. 1989. Т. 309. № 4. С. 965—973.
2. Антипов М.И., Беляков С.Л., Шлезингер А.Е. Зоны сочленения утоненной континентальной и океанической консолидированных кор по периферии Мирового океана и связанные с ними осадочные бассейны // Бюлл. МОИП. 1995. № 2. Отд. геол. Т. 70. Вып. 2. С. 28—35.
3. Афанасьев Г.Л. Некоторые геологические и геофизические факты и их интерпретация в отношении состава и строения земной коры // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1967. № 5. С. 3—18.
4. Беляевский Н.А. Строение земной коры континентов по геолого-геофизическим данным. — М.: Недра, 1981.
5. Берлянд Н.Г. Карта глубинного строения земной коры Урала. М-б 1:1 000 000. Объяснительная записка. — С.-Пб., 1993.
6. Блюман Б.А. О внутриконтинентальных и циркум-континентальных особенностях строения разрезов раннего архея и глобальных неоднородностях земной коры // Докл. РАН. 1996. Т. 350. № 3. С. 368—369.
7. Блюман Б.А. О возможной природе компонентов изотопного смещения базальтов океанических островов // Геохимия. 1997. № 6. С. 657—658.
8. Булин Н.К. К вопросу о границе Мохоровичича под океанами // Геология и геофизика. 1979. № 2. С. 54—64.
9. Булин Н.К. Глубинное строение дна океанов // Советская геология. 1979. № 11. С. 30—42.
10. Витте Д.В. Типы континентальной земной коры и история их развития. — Новосибирск: Наука, 1983.
11. Вольфовский Б.С., Вольфовский И.С. Структура и геофизические параметры «безграницных» впадин — крупнейших нефтегазоносных бассейнов мира. — М.: ВИЭМС, 1988.
12. Глуховский М.З. Геологическая эволюция фундаментов древних платформ (нуклеарная концепция). — М.: Наука, 1990.
13. Долгинов Е.А. Раннедокембрийские метаморфические комплексы на окраинах современных континентов. — М.: ВИЭМС, 1985.
14. Земная кора / Под ред. А.Полдерварта. — М.: ИЛ, 1957.
15. Красный Л.И. Глобальная система геоблоков. — М.: Недра, 1984.
16. Кунин Н.Я. Строение литосферы континентов и океанов. — М.: Недра, 1989.
17. Лисицын А.П. Процессы терригенной седиментации в океанах. — М.: Наука, 1991.
18. Милаповский Е.Е. Пульсация Земли // Геотектоника. 1995. № 5. С. 3—25.
19. Орленок В.В. Физика и динамика внешних геосфер. — М.: Недра, 1983.
20. Пушкарев Ю.Д. Мегациклы и эволюции системы кора-мантия. — Л.: Наука, 1990.
21. Резанов И.А. О составе и генезисе океанической коры // Бюлл. МОИП. 1993. Т. 68. Вып. 5. С. 4—25.
22. Силантьев С.А. Метаморфические породы дна Атлантического океана. — М.: Наука, 1984.
23. Смирнов А.М. Континентальные породы Тихого океана // Тихоокеанская геология. 1982. № 4. С. 15—21.
24. Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. — М.: Мир, 1988.
25. Трухалев А.И., Погребницкий Ю.Е., Беляцкий П.В. и др. Древние породы в Срединно-Атлантическом хребте // Отечественная геология. 1993. № 11. С. 81—89.
26. Фор Г. Основы изотопной геологии. — М.: Мир, 1989.
27. Шульдинер В.И., Высоцкий С.В., Ханчук А.И. Фундамент тихоокеанских активных окраин. — М.: Наука, 1987.
28. Allegre C., Ben Othman D. Nd-Sr isotopic relationship in granitoid rocks and continental crust development: a chemical approach to orogenesis // Nature. 1980. Vol. 186. № 5771. P. 335—340.
29. Austin I., Uchupi E. Continental-oceanic crustal transition off Southwest Africa // The Amer. of Petrol. Bull. 1982. Vol. 66. № 2. P. 1328—1247.
30. Ben Othman D., Polvo M., Allegre C. Nd-Sr isotopic composition of the granulites and reference with evolution of the lower continental crust // Nature. 1984. Vol. 307. № 5951. P. 436—538.
31. Betten P. Isotopic evidence for crustal contamination in the Karroo rhyolites of Swasiland // Earth Planet. Sci. Lett. 1979. Vol. 45. P. 263—274.
32. Cox K., Hawkesworth C. Geochemical stratigraphy of Deccan Traps of Machabalesher, Western Gats, India // Journ. of Petrol. 1985. Vol. 26. № 2. P. 47—62.
33. De Wit M., Stern C. Variation in the degree of crustal extension during formation of a back-arc basin // Tectonophysics. 1981. Vol. 72. № 3/4. P. 68—82.
34. Dupre B., Allegre C. Rb-Sr isotope variation in Indian Ocean basalt and mixing processes // Nature. 1983. Vol. 303. № 5913. P. 102—146.
35. Ellam K., Cox K. A Proterozoic source for Karroo magmatism: evidence from the Nuanetsi picrites // Earth. Planet. Sci. Lett. 1989. Vol. 91. № 2. P. 107—208.
36. Engel C., Fisher R. Granitic to ultramafic rock complexes in the Indian Ocean ridge system Western Indian Ocean // Bull. Geol. Sec. Am. 1975. Vol. 86. P. 1553—1578.
37. Hamilton F., Eversen N., O'Nions R. Sm-Nd dating on Onwerwacht Group Volcanics southern Africa // Nature. 1979. Vol. 279. № 5711. P. 293—300.
38. Hart S. A large scale isotope anomaly in the Southern Hemisphere mantle // Nature. 1984. Vol. 309. № 5971. P. 753—757.
39. Hart S. Heterogeneous mantle domain signatures, genesis and mixing chronologies // Earth Planet. Sci. Lett. 1988. Vol. 90. P. 273—296.
40. Hart S., Brooks C. The Geochemistry and evolution of Early Precambrian Mantle // Contrib. Miner. and Petrol. 1977. Vol. 61. P. 109—128.
41. Hawkesworth C., Compton P., Rogers N. et al. Continental mantle lithosphere and shallow level enrichment processes in the Earth mantle // Earth. Planet. Sci. Lett. 1990. Vol. 96. № 3/4. P. 256—268.
42. Hawkesworth C., Lightfoot P., Fedorenko V. et al. Magma differentiation and mineralization in the Siberia continent flood basalts Lithos. 1995. Vol. 34. № 1—3m. P. 61—88.
43. Hawkesworth C., Mantovani M., Taylor P., Pala C. Evidence from Parana of south Brasil for continental contribution to Dupal basalt // Nature. 1978. Vol. 322. P. 356—358.
44. Mac Dougall J. Continental flood basalts and MORB: A Brief Discussion on Similarities and Differences in their Petrogenesis. In «Continental—flood Basalts». Ed. Mac Dougall. Kluwer, Academic Publishers. Dordrecht-Boston-London, 1988. P. 331—351.
45. Mahoney J., Nicollet C., Dupuy C. Madagascar basalts: tracking oceanic and continental Sources // Earth Planet. Sci. Lett. 1991. Vol. 104. № 2/4. P. 350—363.
46. Neval C. Metamorphism in Oceanic layer 3, Goringe Bank, Eastern Atlantic // Contr. Petrol. 1988. Vol. 100. № 4. P. 496—509.
47. Pearson D., Corson R., Shirey S. et al. Stabilization of Archean lithospheric mantle: a Re-Os isotope study of peridotitic xenolites from Kaapval craton // Earth Planet. Sci. Lett. Vol. 134. № 3—4. P. 341—357.
48. Robinson P., Dick H., von Herzen R. Metamorphism and alteration in oceanic layer 3, Hole 735 B // Proceed. of the Ocean Drilling Program. 1991. Vol. 118. Sci. Result. P. 471—504.
49. Sharma M., Basu A., Nesterenko G. Nd-Sr isotopes, petrochemistry and origin of Siberian flood basalts, USSR // Geochimica et Cosmochimica. Acta, 1991. Vol. 55. P. 1183—1192.
50. Staudigel H., Park K.-H., Pringle M. et al. The longevity of South Pacific isotope and thermal anomaly // Earth Planet. Sci. Lett. 1991. Vol. 102. № 1. P. 24—74.
51. Thirlwall M., Upton B., Jenkins C. Interaction between continental lithosphere and Iceland — plume—Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of Tertiary Basalts, N E Greenland // Journ. of Petrology. 1994. Vol. 35. № 3. P. 839—878.
52. Woodhead I., McCulloch T. Ancient seafloor signals in Pitcairn Island lavas and evidence for large amplitude small length-scale mantle heterogeneities // Earth Planet. Sci. Lett. 1993. Vol. 94. № 3/4. P. 257—273.
53. Zindler A., Hart S. Chemical geodynamics. Ann. Rev. // Earth Planet. Sci. Lett. Vol. 14. P. 493—571.

Природные концентрации золота и редких металлов в Миасском рудном узле на Среднем Урале

С.В. ВОРОБЬЕВА (Институт минералогии УрО РАН)

Изученный район богат практически неразведанными золотonosными тальковыми, лиственитовыми залежами, а также золотonosными штоками габбро-диоритов, с которыми тесно ассоциируют кварцевые жилы и пологие полевошпат-кварцевые залежи. На флангах золотonosных штоков развиты золотonosные змеевичные жилы.

В известковистых змеевиках по пироксеновым порфиритам и в телах перидотитов возможны коренные источники осмистого иридия. Осмистый иридий (невьянскит) присутствовал в россыпях золота на р.Ташкутарганка; в районе Тыелги; в гранатовом шлихе Кыштыма; на западном склоне Ильменских гор; в Атянском и Ленинском приисках и на р.Большая Иремель.

Нами переработаны, систематизированы и обобщены обширные фактические материалы поисково-разведочных и горно-эксплуатационных работ. Исследования выполнены нами по договору с Челябинским территориальным комитетом по геологии и минеральным ресурсам. Систематизация фактических геологических материалов о благоприятных обстановках рудоконцентрации имеет ключевое значение для разработки надежных поисково-оценочных критериев и позволяет более обоснованно подсчитывать прогнозные ресурсы путем отнесения запасов уже выработанных объектов к площадям других аналогичных структур с учетом общих тенденций пространственной изменчивости оруденения.

На Среднем Урале месторождения и проявления коренного золота и платиноидов сконцентрированы вдоль Невьянско-Миасско-Кацбахского метаморфического пояса, трассирующего плутонические массивы ультраосновных и основных горных пород. Плутонические массивы формируют гребневидный характер рельефа. Склоны этих массивов служат бортами глубоких депрессий оседания, которые формировались синхронно процессам глыбово-блоковых воздыманий, продолжавшихся до пермо-триаса. В зонах газовых прорывов в депрессиях оседания периодически происходили вулканические извержения и накапливались вулканогенно-осадочные толщи. Гравитационное выжимание кислых гранитоидов приводило к усложнению тектонических сооружений и трансформации структур во все более сложные морфологические типы. Сеть разломов субмеридионального, север-северо-восточного, реже, север-северо-западного и широтного направлений трассирует контактовые зоны плутонов, благоприятные для циркуляции глубинных и метеорных водных потоков. Отдельные блоки кристаллических пород основания взброшены и надвинуты на борта депрессий оседания.

Между плутоническими массивами протянулась сеть речных долин, а замкнутые межгорные впадины, не имеющие речного стока, заболочены или заполнены озерами. Направления течения рек контролировали воздымающиеся гранитоидные купола. В периоды понижения базиса эрозии происходили неоднократные перехваты речных водотоков. Укоренившиеся представления о «моноклинальном залегании» обрамляющих

плутоны осадочно-вулканогенных толщ иллюзорно; по сути, моноклинальное направление фиксирует ориентировку кливажа разлома.

Выходы гранитоидов обрамлены гнейсово-сланцевыми толщами, в составе которых наиболее широко распространены биотитовые гнейсы, где порой присутствуют розовые и красные гранаты, содержащие включения кварца и биотита. В гнейсах в направлении пересечения кливажных плоскостей развит решетчатый микроклин. Биотитовые гнейсы имеют постепенные переходы в биотит-амфиболовые гнейсы и амфиболиты. Последние обнаруживают полосчатость.

Гнейсы местами переходят в граниты: одни разности имеют гранобластовую структуру, а в других уже невозможно различить порфиобласты и ткань основной массы. В линзах амфиболитов среди гранитогнейсов найдены цериевые минералы.

По аналогии с месторождением Колар в Индии на контакте гранитогнейсов с линзами амфиболитов и прорывающих скарнированные породы плагиогранит-порфиров возможны протяженные золотonosные кварцевые жилы. В районе Тыелги плагиограниты имеют постепенные переходы с габброидами.

Развитый в районе пироксенит-норит-диорит-гранитный комплекс горных пород имеет ветви отклонений в сторону сиенитов; этот комплекс можно отождествить с гранулитам чарнокитовой серии, которая характерна для известных областей плутонометаморфизма. Характерная черта гранулитов чарнокитовой серии — наличие гранобластовых структур и постоянное присутствие ромбического пироксена, а в генетическом отношении серия этих пород объединяет метаморфизованные основные эффузивы, осадочно-вулканогенные породы и магматогенные образования. Метасоматически развивающиеся щелочные полевые шпаты свидетельствуют, что смещения термодинамических равновесий возможно не только путем изменения температуры, но и вследствие изменений щелочности среды.

Массивы ультраосновных и основных горных пород сформировались в целом уже после покровных излияний диабазов, хотя и отмечены случаи пересечения змеевиков диабазами. Возраст габбро-диабазовых комплексов поздний протерозой—ранний карбон. В рудных полях габбро-диабазов обнаружены повышенные местные фоновые содержания валового железа и титана. В зонах мезозойской активизации габбро-диабазы имеют долеритовый облик и отличаются большим содержанием глинозема и калия. Долериты по химическому составу сопоставимы с таковыми трапповой формации Восточной Сибири.

В контактовой части габбро-перидотитового комплекса и гранулитов развиты метаморфические контактово-реакционные актинолит-антофиллитовые сланцы и плагиоклазиты с вкраплениями корунда и шпинели, а в контактовых зонах гранулитов с гранитоидами встречены аплитовые жилы с тантало-ниобиевыми минералами и молибденитом. В эндоконтакте крупных гранитоидных

тел и диорит-порфиров картируются темные до черных хлорит-биотитовые породы.

Массивы габбро-диоритов и гранитоидов окаймлены полосами динамометаморфизованных горных пород, облекающих плутоны. Контурные гранитизированных массивов подчинены направлению сланцеватости вмещающих пород, сланцеватость как бы обтекает гранитоиды, а дайки подчинены направлению плейчатости по рассланцеванию. Контурные гранитизированных массивов распознаются по сгущениям полей даек. В серпентинизированных массивах в контурах влияния гранитоидов развиты хризотилитовые и яснокристаллические породы. В зонах развития кварцитов проявлена циркониевая и урановая минерализация. Становление гранитов сопровождалось внедрением золотоносных гематит-кварцевых, кварц-баритовых, кварц-кальцитовых и кальцитовых жил. Коренные месторождения золота сгруппированы на площадях, тяготеющих к выходам гранитоидных пород.

Борта плутонических массивов трассируются полосами динамосланцев. Последние, ориентированные в северо-восточном направлении, изучены горными эксплуатационными работами в районе Атлянского и Наилинского рудных полей, на Мелентьевском руднике и Ленинском прииске; полоса динамосланцев картируется по восточному контакту Атлянского гранитного массива. Ильменские горы с запада отклоняет тектоническое нарушение, оперенное полосой динамосланцев («кураевская полоса»), которая скрыта рыхлыми отложениями р. Миасс.

Геологоразведочными работами установлено, что зона прорыва Тургокско-Сыростанского гранитного плутона разбита тектоническими нарушениями, контролирующими дислоцированные сульфидно-кварцевые линзы, в составе которых участвуют пирит, халькопирит, молибденит, самородное золото и серебро. Содержание золота от 0,4 до 7,6 г/т; серебра от следов до 16 г/т. В рудах присутствуют платина, висмут и олово. Из сульфидных руд Мелентьевского рудника в годы Великой Отечественной войны извлекали ванадий, германий, индий. Баритовые золотоносные жилы развиты по брекчиевидным метасоматическим дайкам, сложенным ортоклазом, альбитом, кварцем, серицитом, хлоритом и кальцитом. Баритовые жилы содержат самородное золото до 4 г/т.

Значительный интерес в отношении концентрации рудного золота представляют тонкорассланцованные плейчатые пиритизированные и серицитизированные породы, окружающие кварцево-сульфидные линзы. Эти плейчатые сланцы содержат и тонкошелушчатые примазки молибденита на плоскостях скольжения пластин сланцеватости. Содержание молибденита в произвольно взятых штучных пробах этих сланцев составляло 0,003—0,5%. Золотоносными являются и сильно дислоцированные кремнистые сланцы, пронизанные сетью жил и прожилков кварца. Эти породы содержат золото от следов до нескольких грамм на тонну.

В районе Гаврило-Архангельских гор кварц-альбитовые золотоносные жилы развиты в зоне контакта слюдяных гнейсовидных сланцев и змеевиков. Змеевики, талькиты и листовениты картируются на склонах гор, а на их вершинах отпрепарированы дислоцированные эффузивные породы. Столбы золота связаны с сильно дислоцированными плитчатыми жилами. Золото в жилах свободное и крупное. Горными работами было установлено, что жилы имеют субмеридиональное и широтное направление, они сопряжены и нарушены послерудными сбросами.

В золотоносной Миасской долине картируется несколько полос серицитизированных пород, развивавшихся по интенсивно рассланцованным и гидротермально измененным гранит-порфирам, среди которых встречаются реликты слабо измененных гранит-порфиров. Содержание золота в серицитизированных сланцах достигает 3 г/т, золото ассоциирует с сульфидами. В контакте с серицитизированными породами развиты гранат-эпидот-, карбонат- и тальк-хлоритовые залежи среди змеевиков. Змеевики же развивались по пироксеновым порфирам. В шлифах хлорит-гранатовых пород наблюдаются реликты жильных пироксенитов.

В окрестностях Ленинского прииска, на Мечниковском и Первоуральском месторождениях, на участке горы Мурашкина в ходе разведок свободное самородное золото было найдено в трещинах пироксеновых порфиров в виде вкраплений тончайших пластинок.

Севернее пос. Мелентьевский в порфиритах и змеевиках проходит Каскиновская дайка граносиенит-порфира мощностью 5—30 м в раздувах. В эндоконтактах Каскиновская дайка безсерицитизирована и пересечена кварц-пиритовыми прожилками. Содержание золота на участках сильных раздувов составляет 2—3 г/т, а в обогащенных тальком и хлоритом зальбандах дайки содержание золота достигает 5—20 г/т. Во вмещающих пироксеновых порфиритах вкрапленники пироксенов насыщены лейстами диопсида и плагиоклаза, а основная масса состоит из агрегата эпидота, цоизита, кальцита, светло-яблочно-зеленого диаллагита, замещаемого баститом. Пироксены вытесняются гранатами.

Пироксеновые порфириты и их туфы прослеживаются на местности в виде гребенчатых обнажений, они сильно рассланцованы и порой прослеживаются в виде глыбовых развалов. На эродированной поверхности в шелях рассланцевания найдены карманы золотоносного песка. Порфириты бывают рассечены тонкой сетью редких прожилков кварца с примазками белой глины; в кварцевых прожилках встречается свободное золото. Пироксениты постепенно переходят в габбро. Меланократовые роговообманковые разности габбро переходят в пироксеновые диориты. Родство пироксеновых диоритов и габбро выражено единством присутствующих и в тех и в других породах аксессуарных минералов.

Вблизи тел диоритов в скарнированных известняках появляются жилы известково-глиноземистых гранатов, магнетита, пирита. Идиобласты известково-железистых гранатов, магнетита и эпидота (пистацита) развиты в такситовых разностях диоритов. Диоритовые тела пересечены сетью трещин, заполненных агрегатами кварца, альбита, эпидота и карбонатов. С кварц-альбит-эпидот-карбонатной ассоциацией тесно связана золото-пиритная вкрапленность. Особенно богатой золотоносностью отличаются лейкократовые разности диоритов.

Рудолокализирующая структура Тыелгинского рудного поля — субмеридионально вытянутое тело диоритов, проходящих между серпентинитами и толщей зелено-каменных осадочно-вулканогенных пород. Диориты рассланцованы и хлоритизированы и в них развиты золотоносные кварц-полевошпат-карбонатные жилы с сульфидами. Золото свободное, а также концентрируется в сульфидах. Падение жил западное и восточное под углами 45—90°; жилы имеют тенденцию приобретать крутонаклонное положение. Длина жил изменяется от нескольких десятков до 400 м, мощность 0,2—0,75 м. Выявлены около 15 золотоносных жил, изученные буровыми скважинами до глубин 100—120 м.

Рассланцованные и гидротермально измененные породы иногда вдавлены в жильную массу. Жилы часто выклиниваются до тонких кварцевых «проводников», исчезают, а потом появляются вновь.

В интенсивно альбитизированных диоритах встречены прожилки видимого самородного светлого золота, содержащего твердый сплав серебра. Золото ассоциирует с галенитом и блеклой рудой. Листочки самородного серебристого золота были получены и из пиритных агрегатов, а в идиобластах пирита отмечались капли метаморфического золота, размером 10—100 мкм.

В апикальной части Тыелгинского тела диоритов картируются пологие рудные залежи кварц-полевошпатово-карбонатного состава. Содержание золота в промышленных контурах залежей 1—10 г/т. Эти залежи развиты в зонах пологих тектонических срывов, выжатых в силу гравитационной тектоники глиноземом и щелочами верхних частей штоков, насыщенных кварцем. По материалам разведок, азимуты простирания пологих залежей составляют 0—20°.

Определенный интерес представляют дугообразные золотоносные сульфидно-кварцевые жилы в контакте габбро-диоритов. Это особый тип тектонических нарушений, образованных в результате просадок блоков габбро-диоритов при инъекциях гранит-порфириров. В таких разломах жилы уходят на большую глубину и пережимаются как по падению, так и простиранию.

В глинистых выветрелых змеевиках Тыелгинского рудного поля, превращенных в синюю массу, «синюгу», как ее называли старатели, были найдены золотые («тыелгинские») самородки, представляющие собой агрегаты замысловатых проволочек, пластин и зерен самородного золота. К.А. Кулибин (1888), исследовавший условия нахождения «тыелгинских» самородков, установил, что их образованию способствовали благоприятные структурно-геологические факторы: пересечение крутых золотоносных жил и послерудных пологих надвигов, совместно составляющих как бы двугранные углы, открытыеверху; гнезда самородков приурочены к линии пересечения жил и пологих надвигов.

В Наилинском рудном поле концентрации золота были выявлены непосредственно в пиритизированных диоритах, пересеченных кварц-альбитовыми прожилками; кварцевой жиле — толстухе; тальк-хлоритовых залежах и змеевиках; дайках диоритовых порфириров (содержание золота в порфиритах достигает 7,2 г/т); кварц-полевошпатовых инъекциях в теле диорита (мощность инъекций до 2 м, содержание золота в инъекциях 1,5—40 г/т). В пиритном концентрате, полученном из золотоносных пород, содержания золота достигали 40—4000 г/т, выход пиритного концентрата при обогащении этих пород составил 1—2 %.

В Наилинском рудном поле столбы золота связаны с дислоцированными кварц-полевошпатовыми пологими инъекциями. В зонах тектонических нарушений эти инъекции содержат гнезда бурого железняка с богатым золотом (содержания золота 700—3000 г/т). Каолиновые глины в зонах пологих тектонических нарушений и бурые железняки служили объектами разведок и эксплуатационных работ английских концессионеров, добывавших золото на Среднем Урале в начале XX в.

На Алтын-Ташском золоторудном поле объектами эксплуатации в дореволюционное время являлись золотоносные кварцевые жилы и прожилки, а также вмещающие их интенсивно пиритизированные листвениты и березиты. Извлечение золота из кварцевых жил и вмещающих их золотоносных пород составляло 16 г/т. С

1935 г. старатели интенсивно разрабатывали четыре рудные залежи в рассланцованных уралитизированных порфиритах и их туфах мощностью 0,8—1,2 м и протяженностью 150—400 м со средним содержанием золота 5 г/т. Рудные залежи представлены метасоматическими актинолит-, кварц-карбонат- и кварц-эпидот-хлоритовыми сланцами. Рассланцованные и гидротермально измененные порфириты пронизаны телами габбро, плагиогранитов и гранитов. Тектонические нарушения имеют характер взбросо-сдвиговых послерудных нарушений. Богатые золотом участки пространственно связаны с крутопадающими дайками березитов и лиственитов. В рассланцованных гидротермально измененных порфиритах встречены галенит, серебро, золото, халькопирит и блеклые руды.

В апикальной части грейзенизированных тел гранитоидов развиты линзовидные вертикальные, отклоненные на запад и восток кварцево-турмалиновые тела. В гранитоидах с глубиной развито штокверковое сульфидно-кварцевое оруденение. В зальбандах даек гранитоидов развиты метасоматические породы, состоящие из кварца, серицита, мусковита, железистых карбонатов и рутила. Метасоматиты содержат рассеянную вкрапленность магнетита, пирита, пирротина, халькопирита, сфалерита, молибденита, минералов висмута и теллура. Среднее содержание золота в зонах таких метасоматитов составляет 5 г/т, серебра 15 г/т. Протяженность зон метасоматитов 200—660 м, мощность 0,5—9 м. Золото в метасоматитах преимущественно свободное, пробность 920, тесно ассоциирует с минералами висмута и теллура. Золото совместно с халькопиритом концентрируется и в пористом метасоматически развивающемся пирите, содержащем пойкилиты карбонатов, рутила. В более поздних прожилках халцедоновидного кварца и карбоната пластиночки и комочки свободного высокопробного золота развиты на стыке кварца и карбоната совместно с айкинитом, тетрадимитом, теллуrowисмутином, алтаитом, мелонитом.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. В Миасском рудном узле очень перспективны и практически не изучены в геолого-структурном отношении золотоносные, с высокими концентрациями золота тела габбро-диоритов на участках проявления интенсивных дислокаций. Этот тип оруденения весьма продуктивен в Невьянском горнорудном районе (штоки Пановской Ляги, Невьянской Середовины, Быньги) и Уйском рудном узле Среднего Урала. Крутопадающие полевошпат-кварцевые инъекции проходят под углом и по рассланцованию. Жилы развиты между мощными разорвавшимися и смещенными друг относительно друга пластинами кливажа разлома. Жилы имеют постепенные переходы в сильно прокварцованные и альбитизированные диориты. Встречены участки перетертых и раздробленных кварцевых агрегатов. Самородное золото концентрируется не только в жилах и пологих залежах, но и в апикальной части насыщенных кварцем и глиноземом штоках, а также в зонах тектонических нарушений в зальбандах жил, заполненных растертой глинистой каолинизированной массой.

2. Необходимо выявить коренные источники осмистого иридия.

3. Источник золота, платиноидов и редких металлов — дислоцированные и будинированные колчеданные залежи, пронизанные кварцевыми и баритовыми жилами (барит-кварц-сульфидные линзы) в провисах динамометаморфизованных пород кровли прорывов гранитоидных плутонов.

Тектоническая природа магнитных аномалий

В.А. ДУБОВ

Региональные положительные магнитные аномалии платформ и складчатых областей имеют различные вещественные источники, но общее тектоническое происхождение, т.к. повсеместно связаны с отрицательными геоструктурами. Петромагнитные разрезы таких геоструктур разделены на два типа: в первом намагничены породы выполнения впадин при немагнитном основании; во втором — источники магнитных аномалий находятся в породах основания при немагнитности пород выполнения впадин. Первый тип петромагнитного разреза соответствует рудоносным геоструктурам, второй — нефтегазоносным.

Из анализа мелкомасштабных (1:1 000 000 и мельче) магнитных карт следует, что в пределах как платформенных, так и складчатых областей региональные положительные магнитные аномалии распределены закономерно, отражая в морфологии особенности их внутренней структуры. В складчатых областях с доступными для изучения геологическими разрезами отдельные локальные составляющие таких магнитных аномалий объясняются конкретными геологическими телами различного состава. Обычно это изверженные породы основного—среднего состава либо магнетит-содержащие метаморфические образования и реже вулканические пирокласты или коры выветривания. На платформах в большинстве случаев источники региональных магнитных аномалий установлены в породах кристаллического фундамента и связаны не только с породами названных выше типов, но и с обогащением пород ферромагнетиками при характерных для больших глубин процессах гранитизации и базификации.

В большинстве случаев на мелкомасштабных картах магнитного поля магнитные аномалии сгруппированы в обособленные ассоциации, часто вытянутые в полосы различных ширины и протяженности, совпадающими в плане частично или полностью с авлакогенами, синеклизами и более мелкими впадинами на платформах, с синклиниями или грабенами — в подвижных поясах. Такие ассоциации аномалий объединены при усреднении в массивные региональные аномалии, характеризующиеся радиусом автокорреляции десятки—первые сотни километров. В статье рассмотрены аномалии такого типа, выделяемые в большинстве случаев даже по карте магнитного поля СССР масштаба 1:2 500 000. Интерес к анализу таких региональных магнитных аномалий определяется тем, что нередко их контуры на картах соответствуют или близки контурам площадей нефтегазоносных, угольных, рудных провинций. Очевидно, что особенности внутренней структуры региональных магнитных аномалий, их морфология отражают особенности геолого-тектонической позиции соответствующих им отрицательных геоструктур. Таким образом, познание природы и особенностей структуры региональных магнитных аномалий поможет расширить и углубить представления о региональных факторах формирования месторождений полезных ископаемых и критериях их поисков.

Из сопоставления названной магнитной и сомасштабных геотектонических карт следует, что, как

правило, выделяемые региональные магнитные аномалии в плане соответствуют отрицательным геоструктурам или их значительным по площади частям. Такое совпадение, издавна привлекая внимание геологов и геофизиков, описано фрагментарно даже в вузовских учебниках по магниторазведке. Несмотря на это, до сих пор не обращено внимание на закономерность этого явления, не дано его обобщающее геологическое истолкование, чему и посвящена настоящая статья. На наш взгляд, оно логично объясняется с позиции фундаментальных положений геотектоники, а в самом общем виде связано с известной геохимической расслоенностью земного шара. Приведем примеры обсуждаемого соответствия магнитных аномалий и геоструктур, легко читаемые на изданных магнитных и геотектонических картах СССР. Иногда по контрасту с положительными магнитными аномалиями приводятся не менее известные отрицательные магнитные аномалии, совпадающие с положительными геоструктурами — куполами, антиклинориями, сложенными, как это установлено непосредственными геологическими наблюдениями, преимущественно породами малоплотными и немагнитными.

Тиманский кряж, простирающийся от Среднего Урала до Мезенской губы и являющийся инверсионной положительной структурой, характеризуется отрицательной региональной магнитной аномалией. С запада к нему примыкает один из самых глубоких прогибов Баренцево-моровской плиты, характеризующий массивной положительной магнитной аномалией. Аналогично соотношению уровня кристаллического фундамента и знака магнитных аномалий в области сочленения Енисейского кряжа и Западно-Сибирской плиты.

В пределах Русской платформы положительные магнитные аномалии обсуждаемого типа имеют чаще всего полосовидную форму. Наиболее интенсивным аномалиям — Курской и Криворожской — соответствуют протерозойские терригенные синклинали, в разрезе которых значительная роль принадлежит железистым кварцитам. Протяженными полосовыми магнитными аномалиями картируются палеорифты (авлакогены) — Пачелмский, Днепровско-Донецкий, Кировско-Казанский, Московский и т.п.

На Кавказе и в Закавказье могут быть сопоставлены Куринская впадина, характеризующаяся интенсивной положительной аномалией, и антиклинорий Большого Кавказа, характеризующий отрицательной магнитной аномалией. Полосой интенсивных положительных аномалий характеризуется Магнитогоро-Тагильский мегасинклинорий Уральского подвижного пояса.

Аналогичные примеры приведем по Сибири. Положительной магнитной аномалии соответствует площадь Кузнецкой угленосной впадины (Кузбасс) на юге Западной Сибири, в которой верхние кромки намагниченных образований расположены на глубинах 10—12 км. Опусканиям по периферии Сибирской платформы соответствуют интенсивные полосовые магнитные аномалии. Внутри платформы Вилуйской синеклизе соответствуют положительные магнитные

аномалии. В пределах Иркутского амфитеатра (южная часть Сибирской платформы) положительным магнитным аномалиям соответствуют впадины Канско-Тасеевская, Чулымская, Назаровская, Иркутская и др. Весьма показательно следующее. Чулымская и Назаровская впадины характеризуются положительными магнитными аномалиями, а разделяющий их Солгонский горст — отрицательной. На юго-востоке Западно-Сибирской плиты положительным магнитным аномалиям соответствуют Кемчугская, Тегульдетская, Касская впадины.

В Яно-Колымской складчатой области, в пределах Магаданской области выделены две крупнейшие геоструктуры: Иньяли-Дебинский синклинорий и Аян-Юряхский антиклинорий. Синклинорию соответствует группа полосовых положительных магнитных аномалий, а в антиклинории поле безаномально. В пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса многим положительным магнитным аномалиям соответствуют вулканотектонические депрессии, например Арманская, Ольская и др. По другим регионам можно назвать широко известные антиклинорные структуры, характеризующиеся закономерно отрицательными магнитными аномалиями: Большой Кавказский, Чу-Илийский, Улу-Тауский, Главный Восточно-Саянский, Сихотэ-Алиньский. Характер магнитного поля в приведенных примерах отчетливо свидетельствует о наличии пространственной связи региональных положительных магнитных аномалий с отрицательными геоструктурами, а отрицательных — с положительными.

Какова же природа названного здесь типа магнитных аномалий? В наиболее общем виде ответ на этот вопрос следует искать в учении о геосинклиналях [11], согласно которому, на первой, ранней стадии начального погружения в самых глубоких частях глубоководных впадин изливаются базальты — повышенно магнитные породы. Несколько более кислые и щелочные разности — кератофиры, альбитофиры (немагнитные или слабо магнитные породы) тяготеют к периферии прогибов и особенно к участкам намечающихся внутренних поднятий. Следовательно, приуроченность изверженных пород с повышенной намагниченностью к прогибам (впадинам) лежит в самой сути процесса формирования впадин. Именно вследствие этого выделяемые по геолого-геофизическим данным фемические и сиалические блоки земной коры связаны пространственно со впадинами и вообще негативными структурами в первом типе блоков и позитивными — сводами, куполами, горст-антиклинориями во втором типе [7]. В орогенных областях риолитовые и риолит-дацитовые формации приурочены к тектоническим поднятиям, а базальтовые и андезитобазальтовые — ко впадинам [8].

Однако изверженные породы основного—среднего состава часто отсутствуют в эпицентрах многих впадинных магнитных аномалий, следовательно, должны быть и другие геологические образования, генетически связанные с формированием впадин. Так, если в упоминавшихся выше Тегульдетской и Кемчугской впадинах положительные магнитные аномалии объясняются мощной толщей девонских эффузивов, то в соседней с ними Касской, характеризующейся такой же положительной аномалией, бурением установлено отсутствие эффузивов девонского возраста, а под четвертичными отложениями вскрыты нормально осадочные кембрийские отложения. Таким образом, в данном случае геологическое содержание аномалий разнообразно, тогда как тектоническое — общее [1].

Связь повышенной намагниченности осадочных образований именно со впадинами, т.е. тектоническая

природа магнитной аномалии очень наглядно может быть проиллюстрирована анализом осадков юга Сибирской платформы. Еще в 60-х годах в пределах Иркутского амфитеатра и впадин в его пределах изучались физические свойства платформенных образований [7]. По результатам этих исследований можно сопоставить намагниченность однородных пород в пределах впадин и на их обрамлении. В частности, сравнивались нижнекембрийские образования, а именно соль и засоленные породы. В пределах амфитеатра эти образования характеризуются практически нулевой магнитной восприимчивостью. В депрессиях 65% засоленных пород, 10% чистых солей и 12% незасоленных пород имеют магнитную восприимчивость, превышающую $50 \cdot 10^{-6}$ и доходящую до 600. Причина повышения намагниченности, по данным петрографического анализа, — гематит, развивающийся в виде мельчайших чешуек обычно на контакте соль—порода, а в ряде случаев и в чистой соли, и в чистой породе. Судя по магнитной восприимчивости, можно предположить, что в гематитовых чешуйках присутствует в микроскопических количествах и магнетит.

Вероятный источник этих железистых минералов — диагенетические преобразования накопленных морских осадков. В завершающую стадию литогенеза — эпигенетическую изменяется минеральный состав породы. В зависимости от температуры и давления, обусловленных главным образом глубиной погружения, т.е. глубиной бассейна осадконакопления, происходит метасоматическое замещение менее устойчивых минералов более устойчивыми. Полимиктовые песчаники и алевролиты переходят в олигомиктовые или кварцевые вследствие разложения и удаления темноцветных минералов, а также основных и средних плагиоклазов. Глауконит, возникший еще в период начального диагенеза в результате подводного разложения обломков алюмосиликатов, замещается мусковитоподобной слюдой, гётитом-гематитом, лептохлориты могут терять железо, реализующееся затем в виде гематита или (и) магнетита. Гидроксиды железа в стадию эпигенеза восстанавливаются до гематита и даже магнетита [9]. Таким образом, и формирование повышенно намагниченных осадков в глубоких впадинах также обусловлено самой тектонической природой формирования этих геоструктур, характеризующейся повышением давления и температуры.

Интенсивность магнитных аномалий, увязывающихся с разновозрастными глубокими впадинами, различна и определяется многими причинами, в частности, общей железистостью накопившегося во впадинах материала. Например, наиболее интенсивные магнитные аномалии на территории Русской платформы наблюдаются в протерозойских геосинклиналях, содержащих железистые кварциты и железорудные месторождения. Это соответствует распределению содержания оксидов железа (II) и (III) в осадочных породах различного литологического состава Русской платформы, проанализированного А.Б.Роновым и А.И.Ермишкиной (1959) и обобщенного Ф.Н.Ефимовым [4]. По этим данным, содержание оксида железа (II), к примеру, в глинах изменяется в разновозрастных образованиях следующим образом (в %): синий 3,04; ранний палеозой 2,73; средний девон 2,41; поздний девон 2,04; девон 2,2; карбон 1,26; пермь 1,41. Таким образом, разновозрастные с железистыми кварцитами осадочные терригенные образования характеризуются наиболее высокими содержаниями оксида железа (II).

Итак, тектоническая природа региональных положительных магнитных аномалий представляется генетически обусловленной. Результаты глубокого бурения в пределах многих отрицательных геоструктур позволяют определить

и геологическую природу этих же аномалий, и положение в разрезе повышенно намагниченных образований.

По этим данным выделены две группы отрицательных геоструктур с различным характером петромагнитного разреза. Первая объединяет впадины с магнитными телами, сосредоточенными в разрезе пород вулканогенно-осадочного либо осадочного выполнения впадин. Эти магнитные тела представлены чаще всего вулканическими образованиями, нередко игнимбритами, силловыми интрузиями, джеспилитами, пирротинизированными терригенными образованиями. Из подобных структур можно назвать Тунгусскую синеклизу, Печенгскую и Криворожскую впадины, Иньяли-Дебинский синклинорий в Яно-Колымской складчатой области, Ольскую и Арманскую вулканотектонические депрессии в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе, Магнитогоро-Тагильский синклинорий и др. Во второй группе впадин источники региональных магнитных аномалий расположены в кристаллическом фундаменте. К таким впадинам отнесены краевые прогибы, авлакогены платформ (например, Пачелмский, Московский и другие на Русской платформе), Куринская, Тимано-Печорская впадины, прогибы Волго-Уральской области и т.п.

Разрез первого типа впадин представительно охарактеризован Кольской сверхглубокой скважиной, в которой повышенно магнитна только верхняя (протерозойская) часть разреза. Архейское основание впадины практически немагнитно. В Криворожской глубокой скважине магнитна только криворожская (протерозойская) серия, а архейское основание также немагнитно. В Норильской мульдe магнитна верхняя часть разреза (триас, пермь, карбон), а отложения девона, силура и ордовика не магнитные [10]. В Уральской сверхглубокой скважине повышенной намагниченностью характеризуются образования лишь верхней (1,5 км) части разреза силура. В Иньяли-Дебинском синклинории Яно-Колымской складчатой области пирротинизированные слои верхоянского комплекса расположены в верхней части разреза. Таким образом, впадины первого типа содержат разнообразные намагниченные образования — интрузивные, эффузивные или терригенные. Низы таких разрезов немагнитны. С выполнением этих впадин связаны разнообразные рудные месторождения в основном элементов фемической группы.

Второй тип магнитного разреза характерен для платформенных впадин нефтегазоносных и угленосных бассейнов. Осадочный разрез в них сложен практически немагнитными породами. Источники региональных магнитных аномалий расположены в пределах кристаллического фундамента. Таковы результаты глубокого бурения скважин в Волго-Уральской области и Западной Сибири.

Общий закономерный характер тяготения ферромагнетиков к нижним частям геологических разрезов подтверждается, в частности, более локальными примерами по рудоносным структурам, хотя физико-химическая природа такой локализации и здесь разнообразна. Известный факт обогащенности подошвенных частей расслоенных базитовых интрузий магнетитом объясняется тем, что только после кристаллизации магнетита начинается формирование сульфидных горизонтов, т.к. присутствие в расплавах

железа повышает растворимость сульфидов в расплаве в десятки раз. Такие магнетитовые горизонты описаны, в частности, в Бушвельдском массиве Южной Африки, откартированы нами в интрузии Панских тундр на Кольском полуострове. В сульфидных горизонтах таких расслоенных интрузий главная составная часть — пирротин. Вследствие большей плотности он концентрируется в нижних частях сульфидных залежей.

Из анализа распределения ферромагнитного пирротина в разрезе разнообразных гидротермальных рудных месторождений следует, что он отмечен главным образом в низах рудно-метасоматических колонн [3]. Таким образом, и из силикатных расплавов, и из водных растворов ферромагнитный пирротин кристаллизуется в нижних частях кристаллизующихся систем.

Очевидно, что распределение в геологических разрезах ферромагнетиков соответствует особенностям окислительно-восстановительной обстановки, энергии кристаллической решетки, радиусам ионов, плотностям, температуре кристаллизации, согласуясь в целом с общей геохимической зональностью земного шара, разделенного на оболочки, самая нижняя из которых железистая.

В общем виде распределение ферромагнетиков в разрезе глубоких впадин может быть объяснено с позиции понятия о базификации — обогащении отдельных частей разреза элементами фемического профиля и, в частности, железом. По современным представлениям выделены два типа базификации — опережающая и остаточная или замыкающая [2]. Первая предшествует гранитизации и обусловлена выносом в процессе последней фемических компонентов. Остаточная или замыкающая базификация развивается в глубинных зонах земной коры в процессе дегранитизации пород, приводящей к выносу кремнезема и щелочей и обогащению вследствие этого пород фемическими компонентами. Таким образом, два типа выделенных нами петромагнитных разрезов впадин соответствуют двум типам базификации — опережающей для рудоносных провинций и остаточной или замыкающей — для нефтегазоносных и угленосных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геологические* результаты геофизических исследований в Сибири и на Дальнем Востоке. — М.: Наука, 1967.
2. *Геологический словарь*. — М.: Недра, 1978.
3. Дубов В.А. Особенности распределения намагниченности метасоматически измененных пород на золоторудных месторождениях // Изв. вузов. Геология и разведка. 1995. №2.
4. Ефимов Ф.Н. Каппаметрическое и магнито-фракционно-минералогическое изучение осадочных образований. — М.: Недра, 1969.
5. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. — Л.: Недра, 1979.
6. Менакер Г.И., Огородников В.Д., Рутштейн И.Г., Старченко В.В. Особенности тектоники, магматизма и металлогении вулканоплутонических поясов Забайкалья в связи с их глубинным строением // Глубинное строение, магматизм и металлогения Тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток, 1976.
7. *Методическое* руководство по определению физических свойств горных пород и полезных ископаемых. — М.: Госгеолтехиздат, 1962.
8. *Металлогения* орогенов / Под ред. И.Н.Томсона, В.С.Кравцова. — М.: Недра, 1992.
9. Пероззо Г.Н., Лизалек И.А., Ван А.В. Закономерности вторичных преобразований пород в осадочных сериях // Советская геология. 1966. № 6.
10. *Петрофизика*: Справочник. — М.: Недра, 1992.
11. Хаин В.Е. Общая геотектоника. — М.: Недра, 1973.

К вопросу о скорости и геологических следствиях расширения Земли в мезозое и кайнозое

Н.М.РАДЮКЕВИЧ (ВСЕГЕИ)

На литолого-географических картах мира [8] для мезозоя и кайнозоя от раннего триаса до плиоцена включительно наряду с платформенным, геосинклинальным, орогенным и океаническими режимами земной коры показаны области распространения более молодой океанической коры. Таким образом, закартировано приращение площади распространения океанической коры в пределах Тихого, Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов по мере их возникновения и расширения от эпохи к эпохе, начиная с поздней юры.

Атлас данных карт — прямое доказательство увеличения общей площади коры Земли в мезозое и кайнозое и, следовательно, ее объема позволяет выполнить расчет ее радиуса для каждой из эпох. Такой расчет может быть сделан, исходя из площади поверхности сферы Земли путем вычитания из ее современной площади суммарной площади предполагаемого распространения более молодой, чем картируемая эпоха, океанической коры. Измерение последней по картам Земли разномасштабной проекции — трудоемкая задача. В первом приближении представление о масштабе и скорости увеличения площади коры Земли и, следовательно, ее объема и радиуса может быть получено по протяженности коры в различных ее сечениях. Такой расчет выполнен по 20°с.ш. и двум меридиональным сечениям: 100°з.д.—80°в.д. и 20°в.д.—160°з.д. Результаты расчетов отображены на графике в координатах расчетный радиус Земли—время в глубь геологической истории от современного до раннего триаса (рис. 1).

Как литолого-палеогеографические карты мира, так и графики показывают существенное увеличение площади коры и расчетного радиуса Земли с поздней юры, со времени возникновения на ее поверхности современных океанов. По названным сечениям в интервале 0—144 млн.лет увеличение расчетного радиуса Земли составило 18,3—21,5 км за 1 млн лет (в среднем 20 км/1 млн лет, или 20 мм/год).

Использованный метод расчета (по измерению протяженности в определенном сечении, а не площади существовавшей в мезозое и кайнозое коры) показывает не только порядок изменения расчетного радиуса Земли, но и динамику роста во времени.

Расчитанная таким образом скорость увеличения радиуса Земли согласуется с таковой, приведенной В.Б.Нейманом [7]: 100 млн. лет назад он составлял 0,6 современного радиуса, т.е. был меньше на 3000 км; В.Н.Лариным [6]: увеличение первичного радиуса 4000 км в 1,73 раза; М.Гораи [4]: увеличение диаметра на 1500 км относительно первоначального с акселерацией в мезозое—кайнозое; С.Кэри [5]: увеличение радиуса на 2600 км после палеозоя; но на порядок превышает скорость, приводимую М.М.Судо [10] и Ю.Г.Старицким [9]: около 1 мм/год*.

*Расчет радиуса Земли для T_1 (девона) выполнен Ю.Г.Старицким при условии однородности плотности тела вращения. Применительно к расширяющейся Земле это условие не соблюдается. Может произойти изменение скорости вращения тела при изменении плотности ее оболочек, но при постоянстве радиуса и суммарной массы.

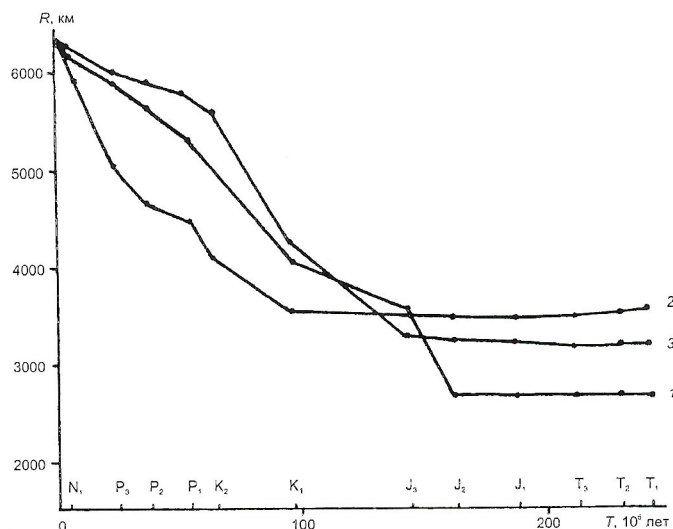


Рис. 1. Расчетные радиусы Земли для мезозоя и кайнозоя по различным сечениям:

1 — 20°с.ш.; 2 — 100°з.д.—80°в.д.; 3 — 20°в.д.—160°з.д.

Названные исследователи, а также В.Я.Бриль по-разному трактуют механизм и физическую причину расширения Земли. Этот вопрос по понятным причинам не решаем однозначно, поэтому акцентируем внимание только на геологических следствиях рассматриваемого феномена. Некоторые из них представляются очевидными и указывались ранее [10]. Это уменьшение ускорения силы тяжести на ее поверхности, замедление скорости осевого вращения, удлинение земных суток и сокращение их числа в году, расползание («дрейф») континентов (блоков континентальной коры) на увеличившейся поверхности за счет возрастания площади океанической коры. Важнейшим и многоаспектным геологическим фактором расширения недр Земли является взаимодействие жестких на изгиб крупных блоков литосферы и подстилающей расширяющейся вязко-пластичной мантии. В результате такого взаимодействия различные части блока литосферы подвергаются сложной гамме геодинамических нагрузок. Прежде всего, это растягивающие напряжения в нижней части коры и сжимающие — в верхней при спрямлении сферического блока коры на мантию большего радиуса кривизны. При таком спрямлении неизбежно увеличение площади проекции континентального блока, что должно сопровождаться давлением его периферии на примыкающую часть океанической коры и одновременно проявлением радиально ориентированных трещин, расширяющихся в направлении периферии. Расчет проскальзывания приведен на рис. 2.

При выполаживании блока коры, размером в поперечнике 4200 и 6300 км, от исходного радиуса 3500 км до современного 6370 км произойдет его проскальзывание в направлении периферии суммарно на 52,4 и 152 км

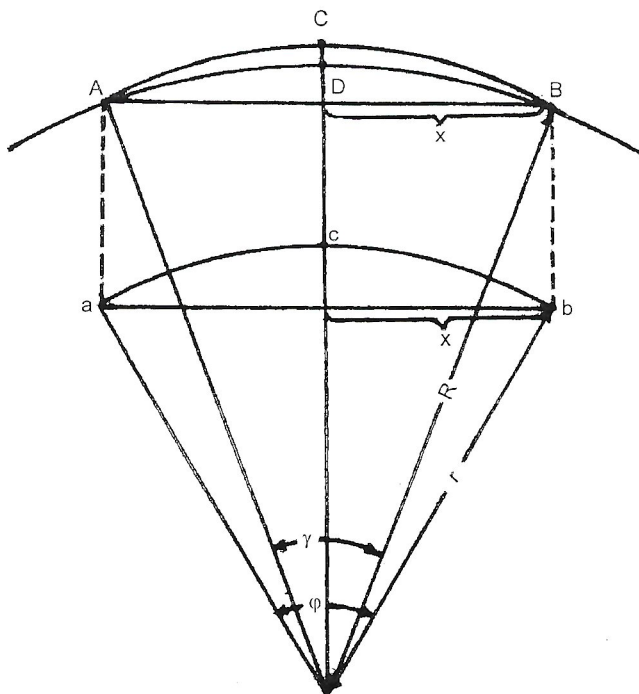


Рис. 2. Расчет проскальзывания:

здесь дуга угла φ ($\angle acb$) — блок коры при радиусе r , дуга угла γ ($\angle ACB$) — проекция дуги acb на дугу adb радиуса R . Проскальзывание периферии дуги ACB (ΔL) при ее выполаживании на дугу ADB составит разность длин этих дуг. Таким образом, $\Delta L = \angle ACB - \angle ADB = 2\pi r \varphi / 360 - 2\pi R \gamma / 360$. $x/r = \sin 1/2 \varphi$; $x = r \sin 1/2 \varphi$; $x/R = \sin 1/2 \gamma$; $x = R \sin 1/2 \gamma$; $r \sin 1/2 \varphi = R \sin 1/2 \gamma$; $\sin 1/2 \gamma = r \sin 1/2 \varphi / R$. Если $\varphi = 40^\circ$, $R = 6370$ км, $r = 3500$ км, $\Delta L = 52,4$ км. При $\varphi = 60^\circ$, $R = 6370$ км, $r = 3500$ км, $\Delta L = 152$ км.

соответственно. Ввиду неоднородности сцепления блока континентальной коры с подстилающей мантией его расширение может происходить не равномерно во всех направлениях, а в сторону наименьшего сопротивления. Центробежное горизонтальное движение периферической части блока коры неизбежно должно сопровождаться, с одной стороны, проскальзыванием слоев коры друг относительно друга и, следовательно, плавлением вещества за счет трения (явление магматизма), а с другой — скучиванием осадочного слоя материкового склона перед фронтом распрямляющейся литосферной плиты (явление складчатости).

Таким образом, динамическое взаимодействие жесткого сферического блока континентальной коры и

более пластичной подстилающей мантии на фоне увеличивающейся поверхности Земли (увеличение радиуса кривизны) определяет движущую силу и механизм ведущих геологических процессов — магматизма и складчатости. Не складчатые области стимулируют тектонические движения континентальных плит, а горизонтальные движения последних вызывают проявление по их периферии магматизма и складчатости.

Необходимость теоретического осмысления рабочей гипотезы о расширении Земли обосновал З.Я.Боднар [2]. Он обратил внимание на то, что концепция позволяет решить проблему пространства при образовании интрузий, снимает парадокс архейского метаморфизма, объясняет расхождение литосферных плит в одном месте и их схождение и столкновение в другом. В дополнение к названному укажем на фундаментальное следствие концепции расширения Земли: объем вод Мирового океана увеличивался параллельно с приращением океанической коры в составе ее литосферы. Отсюда логически следует, что вода океанов и ее соли генерировались при формировании океанической коры в качестве сопутствующего продукта.

Следует ожидать всеор следствий изложенной концепции и в металлогеническом аспекте. В частности, В.А.Баланди [1] с ее позиций объясняет происхождение железо-никелевых и алмазоносных магм. Представляется закономерным распространение туффизитов (в т.ч. алмазоносных) в пределах Западно-Уральской зоны надвиговых структур в девонско-раннепермском платформенном и более древних комплексах. Более логична трактовка об эндогенном, а не экзогенном генезисе регионально распространенных соленосных формаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баланди В.А. К вопросу о механизме формирования алмазоносных тел. Проблемы геодинамики, сейсмичности и минерализации подвижных поясов и платформенных областей литосферы: Матер. междунар. конференции. Екатеринбург, 1998.
2. Боднар З.Я. О необходимости теоретического исследования версии о расширении Земли // Отечественная геология. 1999. № 2. С. 64—66.
3. Бриль В.Я. Кинетическая теория гравитации и основы единой теории материи. — С.-Пб.: Наука, 1995.
4. Гораи М. Эволюция расширяющейся Земли. — М.: Недра, 1980.
5. Кэри С. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. — М.: Мир, 1991.
6. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. — М.: Недра, 1980.
7. Нейман В.Б. Расширяющаяся Земля. — М.: Географиздат, 1962.
8. Ронов А.Б., Хаин В.Е., Болуховский А.Н. Атлас литолого-фациальных карт мира. — Л., 1989.
9. Старицкий Ю.Г. Жизнь расширяющейся Земли. — С.-Пб.: ВСЕГЕИ, 1998.
10. Судо М.М. Основные концепции строения и развития Земли. — М.: Знание, 1974.

Публикуя статью Н.М.Радюкевича, редколлегия дает возможность высказаться приверженцам гипотезы расширения Земли, т.к. в последние годы интерес к ней ослаб. Причиной тому, на наш взгляд, может служить то, что наряду с важными научными фактами, приводимыми в ее обоснование, сторонники гипотезы не рассматривают иные их интерпретации. Более того, на недостаточно разработанной основе выстраиваются далеко идущие схемы, весьма уязвимые для критики. Некоторые общие дискуссионные вопросы гипотезы затронуты рецензентом публикуемой статьи.

О гипотезе расширяющейся Земли*

А.Н.БАРЫШЕВ (ЦНИГРИ)

В обоснование гипотезы расширяющейся Земли ее сторонники приводят интересные данные по космогеохимии, термодинамике [4], геодезические наблюдения [3], геологические факты по широкому проявлению рифтогенеза [5]. Большинство сторонников гипотезы рассматривают увеличение площади океанов в мезозое и кайнозое как доказательство расширения Земли, отвергая модель субдукции, предложенную тектоникой плит в качестве компенсации приращения площади за счет спрединга. Вместе с тем существуют и иные механизмы сокращения (компенсации) площади как для части океанских бассейнов [6], так и континентальных площадей (модель субдукции автора этого термина А.Амштутца), а также механизмы S-образного наращивания мощности гранитного и базальтового слоев и литосферы в целом при сокращении площадей океанов и континентов, т.е. аналогично глубинным шарьяжам в моделях тектонической расслоенности литосферы [8] и конвективно-диапировой геодинамики [1].

Попытка обосновать расширение Земли с позиций изменения во времени гравитационной постоянной получила обстоятельную критику [7]. Замедление скорости вращения внешних оболочек Земли не может однозначно свидетельствовать в пользу рассматриваемой гипотезы, т.к. не оценена роль переноса ротационного количества движения при гравитационной дифференциации, приводящей к одновременному (компенсационному) ускорению вращения глубинных оболочек планеты.

В геологических процессах, несомненно, имеют место фазовые переходы вещества с изменением объема, а эти объемы перемешаются. Как их количественно оценить?

Путь к учету течения без изменения объема предложен в концепции компенсационной организации тектонического течения [2]. Пока не будет доказан дефицит компенсации течения по всему земному шару (задача почти невыполнимая), оценку изменения радиуса Земли на основе расширения ее частных структурных элементов (например, океанов) вряд ли можно признать корректным, а тем более строить на этой основе схемы тектоники, магматизма, метаморфизма, минерализации. В этом смысле статья Н.М.Радюкевича представляет собой постройку без должного фундамента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышев А.Н. Периодические геодинамические и металлогенетические системы, их развитие и взаимодействие. — М., 1999.
2. Гончаров М.А. Компенсационная организация тектонического течения и структурные парагенезисы // Геотектоника. 1993. № 4. С. 19—29.
3. Кэри С.У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. — М.: Мир, 1991.
4. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гибридной Земли. — М.: Недра, 1980.
5. Милановский Е.Е. Развитие и современное состояние проблемы расширения и пульсаций Земли // Проблемы расширения и пульсаций Земли. М., 1984. С. 8—24.
6. Пуцаровский Ю.М., Меланхолина Е.Н. Тектоническое развитие Земли: Тихий океан и его обрамление // Тр. ГИН АН СССР. 1992. Вып. 473.
7. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Глобальная эволюция Земли. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991.
8. Тектоническая расслоенность литосферы и региональные геологические исследования / Под ред. Ю.М.Пуцаровского, В.Г.Трифоновой. — М.: Наука, 1990.

Рецензия

УДК (049.32)

© В.Т.Трофимов, 2001

Первый учебник по финансово-экономической оценке минеральных месторождений для студентов и специалистов-геологов**

В.Т.ТРОФИМОВ (МГУ им. М.В.Ломоносова)

Переход к рыночным принципам в экономике, приватизация предприятий горной промышленности, перестройка геологической службы России существенно расширили спектр задач, с которыми ежедневно сталкиваются технические специалисты, казалось бы весьма далекие от экономических или финансовых проблем, в т.ч. и геологи. Одна из таких задач — определение экономической целесообразности разработки того или иного месторождения, или финансово-экономическая оценка проекта его разработки и анализ присущих ему рисков. В условиях рынка ни один проект на разведку или разработку полезных ископаемых не получает финансирования, если

представляющая его компания не выполнила не только техническое обоснование, но и его финансово-экономическую оценку. Целью такой оценки в зависимости от стадии изучения объекта может быть, например, определение целесообразности его детальной разведки, демонстрация инвестору, что производство товарной продукции на конкретном объекте не только технически возможно, но и экономически выгодно и т.д.

Финансово-экономическая оценка должна выполняться уже на ранних стадиях разведки месторождения, когда зачастую геолог оказывается единственным изучающим его специалистом. Это соответственно необходимо учитывать и при совершенствовании программ подготовки будущих геологов, куда должны быть введены и новые экономические курсы. Поэтому принципиальное значение имеет организация подготовки магистрантов по специализации «Экономическая геология» на геологическом факультете МГУ. В этом отношении рецензируемая работа весьма актуальна и своевременна.

*По поводу статьи Н.М.Радюкевича «К вопросу о скорости и геологических следствиях расширения Земли в мезозое и кайнозое».

**Дергачев А.Л., Хилл Дж., Казаченко Л.Д. Финансово-экономическая оценка минеральных месторождений / Под ред. В.И.Старостина. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000.

Данное издание допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов и магистрантов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Геология». Вместе с тем оно рассчитано и на широкий круг геологов, занимающихся поисками и разведкой полезных ископаемых и геологическим обслуживанием рудников. Учебник — результат международного и межвузовского сотрудничества в области совершенствования геологического образования. В нем учтен опыт, накопленный в этой области в странах с рыночной экономикой и развитой горнодобывающей отраслью, среди которых в ближайшее время займет достойное место и Россия.

По содержанию и структуре учебник полностью отвечает циклу лекций и практических занятий по курсу «Экономическая оценка минеральной собственности», включенному в программу подготовки студентов и магистрантов геологического факультета МГУ. В небольшой по объему книге рассмотрены современные методы оценки эффективности инвестиций и особенности их применения при планировании разработки полезных ископаемых.

Учебник отличается глубиной проработки рассматриваемых вопросов. В первом разделе показано, как результаты разведки могут быть превращены в исходные данные для финансово-экономических расчетов. В него введены и проанализированы такие важнейшие показатели, как степень извлечения из недр и разубоживание, коэффициент извлечения при обогащении, срок отработки запасов и оптимальная производительность добывающего предприятия. Большая глава посвящена расчетам дохода предполагаемого добывающего предприятия. Читатель знакомится с тем, как учитываются условия контрактов на поставку готовой продукции горнодобывающего предприятия, ее качество и содержания в ней различных оплачиваемых металлов, как принято рассчитывать штрафы за превышение допустимых уровней вредных примесей в концентратах и т.д.

Понятно, что в окончательном техническом анализе проектов на разработку полезных ископаемых принимают участие коллективы специалистов разных профессий, в которых наряду с геологами участвуют горные инженеры, технологи-обогащители, экологи и др. При этом рассмотрение многих технических вопросов, а значит и определение некоторых экономических параметров проекта остается за пределами компетенции геолога. Это относится, в частности, к расчету капитальных вложений и производственных расходов на добычу и обогащение полезного ископаемого. Однако на ранних стадиях изучения объекта при предварительной или детальной разведке месторождения эта функция по необходимости возлагается на геолога. Поэтому очень важно, что в главах, посвященных капитальным затратам и производственным расходам, авторы предложили такие методы их определения, которые сочетают доступность для геологов с точностью, достаточной для ранних стадий оценки.

В отдельных главах рассмотрены методы финансирования горнорудных проектов (акционерный капитал, проектное финансирование, ссудное и другие методы заемного финансирования), а также кратко изложены сведения о налогообложении предприятий горной промышленности.

Большая часть книги посвящена рассмотрению главных финансовых и экономических показателей проектов: период окупаемости (срок возврата кредита), чистая дисконтированная стоимость, внутрифирменная норма прибыли, продолжительность отработки запасов и др., а также основных критериев принятия решения о целесообразности разработки месторождения. Подробно объяснены сущность различных методов оценки инвестиций, способы расчетов соответствующих показателей, а также их анализ, указаны их достоинства и недостатки, а также ограничения на применение. В отличие от других (главным образом журнальных) публикаций по сходной

тематике учебник содержит разделы по методам оценки жизнеспособности (устойчивости) проектов, расчету наиболее вероятных значений его финансово-экономических показателей и анализу степени риска. В завершающем разделе учебника приведен пример оценки условного российского месторождения золота. Его ценность состоит в том, что на конкретном примере показано, как рассмотренные показатели взаимно дополняют друг друга, делая финансово-экономическую оценку действительно всесторонней и комплексной.

Учебник хорошо адаптирован к современным российским экономическим условиям и вполне отвечает принципу: учить тому, что пригодится в жизни. В него включены разделы, которые показывают, как производить оценку капитальных затрат и производственных расходов, а также чистых потоков реальных денег в условиях инфляции, сравнивать эффективность вложений в проекты различной продолжительности (ситуация обычная при разработке полезных ископаемых), выбирать проекты в условиях ограниченности инвестиционных ресурсов, что весьма актуально для нашей страны.

В книге не просто изложены некоторые теоретические основы, ее вполне можно использовать как практическое руководство. Важно, что она ориентирована на развитие способности молодых специалистов-геологов творчески мыслить экономическими категориями. Все основные положения учебника иллюстрированы примерами расчетов, многочисленными таблицами и диаграммами. Его направленность на формирование практических навыков финансово-экономической оценки месторождений подчеркнута помещенными в конце каждой главы контрольными вопросами, а также задачами для самостоятельного решения. В них авторы предлагают читателю самому на основе некоторых расчетов проанализировать, почему так важно уже в первый год работы предприятия выйти на проектные показатели по объемам добычи и переработки руды, извлечению полезного компонента и т.д., как сказывается современная система налогообложения на эффективности инвестиций в проект с заданными параметрами и какие изменения в налоговое законодательство следовало бы внести, чтобы проект мог стать рентабельным, как скажется на финансово-экономических показателях данного проекта укрепление политической стабильности в стране, что влияет на приток иностранных инвестиций в российскую горнодобывающую промышленность и еще многие другие вопросы из сферы макро- и микроэкономики.

Разумеется, рассматриваемый учебник не лишен недостатков. Так, хотелось бы видеть в нем анализ влияния курса российского рубля по отношению к другим валютам на финансово-экономические характеристики того или иного проекта. Вероятно, можно было бы более подробно рассмотреть влияние различных рисков (например, политического) на выбор ставки дисконта при анализе проектов, что особенно важно для привлечения в страну иностранных инвестиций. Однако отмеченные недоработки вполне перекрываются достоинствами этого первого в нашем университетском геологическом образовании и пока единственного в своем роде учебника. В нем на хорошей теоретической основе и очень доступно рассмотрена последовательность рассуждений и содержание действий геолога-практика, которому необходимо ответить на вопрос, что же в действительности представляет собой рассматриваемый им объект: всего лишь зону рудной минерализации или месторождение в строгом геолого-экономическом смысле этого понятия.

Приемы и методы финансово-экономического анализа, рассматриваемые в книге, в последние десятилетия широко распространены в мире. В этом отношении она, безусловно, вносит вклад, с одной стороны, в формирование стойкого рыночного мировоззрения у российских геологов, а с другой, — в ускорение интеграции нашей страны в мировую экономику.

Аннотация книги «Сущность новой теории эволюции Земли в свете разрешения актуальных проблем геологии и палеобиологии»

М.М.АКСИРОВ (Институт экологии горных территорий Кабардино-Балкарского НЦ РАН)

С таким названием вышла в свет наша книга в издательстве Кабардино-Балкарского научного центра РАН (г.Нальчик, 1999) тиражом 100 экз., что явно недостаточно для знакомства с ней специалистов, которым она нужна сейчас. Рецензент — доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент РАН и Национальной АН Украины Е.А.Кулиш, ответственный редактор — доктор геолого-минералогических наук Г.П.Полуаршинов. В книге развивается сущность новой теории эволюции Земли, которая построена на основе учета основных специфических особенностей изменения скорости вращения планеты за геологическое время. Изложение ведется в свете разрешения актуальных проблем геологии, палеонтологии и палеоклиматологии, которые находят в теории естественное освещение. К идее, что нынешняя скорость ротации Земли накопилась за геологическое время в процессе ее перемещения в космическом пространстве по геодезической линии, автор — специалист в области математики и механики — пришел, анализируя известную проблему космогонии Солнечной системы о генезисе вращения Солнца и планет в рамках общей теории относительности и ньютоновской теории тяготения. В течение четверти века автор, исходя из информации, зашифрованной в осадочном чехле, скупулесно восстанавливал основные особенности истории ротационного режима Земли. В начале протерозоя первоначальная ретроградная ротация Земли все еще обладала значительной угловой скоростью, хотя и она находилась в это время под контролем непрерывного торможения. В дальнейшем обратное вращение было погашено, и планета вышла на прямую ротацию. В среднем протерозое Земля уже имела прямое вращение, а в позднем — угловая скорость последнего росла непрерывно, приближаясь к одному обороту в год. Соответственно увеличивалась продолжительность суток. В кембрийское время период вращения Земли вокруг своей оси сравнялся с таковым ее орбитального обращения. И здесь длина солнечных суток достигала максимума, составляющего, по меньшей мере, миллионы лет. Вместе с этим событием произошло изменение направления смены дня и ночи на противоположное. В ходе фанерозоя длительность суток непрерывно убывала до нынешнего значения. Этими особенностями изменения вращения Земли объясняется и то, что в настоящее время наблюдается самый нетипичный период климата за всю фанерозойскую историю планеты.

В книге доказано, что особенности инсоляции, которые обусловлены сравнительно большой длительностью суток и ходом ее изменения во времени в разные периоды геологического прошлого, в конечном счете выступали в качестве источника главных движущих сил эволюции осадконакопления и органического мира Земли. По этой причине истинная история ротационного режима планеты не может быть сведена к гипотезе приливного торможения И.Канта ни с каким приемлемым приближением, удовлетворяющим со-

временную геологическую науку и практику. При такой подмене исчезает источник главных движущих сил очень важных аспектов эволюции Земли как планеты, для которой характерны свои специфические уникальные особенности — наличие внешних оболочек, условия зарождения и развития жизни и т.д. Поэтому история ротационного режима Земли — важнейшее звено в цепи необходимых предпосылок в построении геологической теории, адекватной подлинной истории планеты. И геологическая наука обречена оставаться в тупике до тех пор, пока она не обратится к этому важнейшему источнику главных движущих сил экзогенных геологических процессов и эволюции органического мира. Радикальные систематические изменения абиотической среды обитания, которые обуславливались особенностями ротации Земли, оставили в осадочном чехле глубокие специфические следы через реакцию на них характеристики разнообразия живого вещества, являющегося наиболее чутким индикатором биосферы. Возрастания плотности потока солнечной радиации в условиях довольно продолжительных палеосуток приводили к коренным преобразованиям органического мира, вызывая ускорение темпов мутаций то одних, то других групп организмов, которые попадали под их влияние сравнительно длительное время. Быстрый расцвет новых молодых филумов обеспечивался экологическими условиями, в первую очередь абиотическими факторами. Здесь сыграли свою роль и новые освоения ими обширных пространств, которые систематически опустошались в результате наступления палеоночи или невыносимой дневной жары. Последние события были причинами великих катастроф в органическом мире, сравнительно высокого общего уровня вымирания организмов в геологическом прошлом. В геологическое время из-за особенности инсоляции, характерной для длительных и непрерывно меняющихся палеосуток, возникали специфические условия жизни, которые реально отличаются от ныне наблюдаемых на Земле, провоцировали возникновение неокатастрофических идей.

В настоящее время гипотеза приливного торможения ориентирует большую армию отечественных и зарубежных геологов, палеонтологов и планетологов на неверный в принципе и весьма неэффективный исследовательский и изыскательский путь деятельности, сопровождаемый ничем не оправданными огромными лишними материальными затратами.

Переход на новую геологическую теорию, излагаемую в книге, несомненно, может дать мощный импульс к развитию геологии, палеобиологии и планетологии, а также значительную экономию средств в работе геологов-практиков. Поэтому я обращаюсь за помощью в реализации этого шага ко всем ученым и государственным деятелям России, от которых зависит оперативность этого перехода. Было бы очень важным шагом в доведении новой теории до истинно заинтересованных в ней специалистов, переиздание данной книги необходимым тиражом в одном из центральных издательств, издание ее перевода на английском языке.

85-летие Алексея Борисовича Каждана

А.Б.Каждан родился 24 ноября 1915 г. в Петрограде. Трудовую деятельность он начал учеником слесаря. В 1934 г. поступил и в 1939 г. с отличием окончил Ленинградский государственный университет и был направлен в Желдорпроект МВД СССР, где в течение пяти лет проводил инженерно-геологические изыскания.

В 1944 г. А.Б.Каждан поступил в аспирантуру ВИМС, а в 1947 г. после успешной защиты кандидатской диссертации руководил поисковыми и разведочными работами на уран.

В конце 1950 г. А.Б.Каждан как высококвалифицированный специалист в области месторождений радиоактивных металлов был рекомендован на преподавательскую работу в Московский институт цветных металлов и золота, где прошел путь от ассистента до профессора. В связи с реорганизацией в 1962 г. А.Б.Каждан был переведен в Московский институт стали и сплавов, а в 1963 г. — в Московский геологоразведочный институт. В 1964 г. он был избран на должность заведующего кафедрой методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых МГРИ, которой бессменно руководил 25 лет.

А.Б.Каждан — ведущий специалист в области геологии и разведки урановых месторождений. Еще в начале 50-х годов им был создан первый в СССР и мировой практике учебный курс «Поиски и разведка месторождений радиоактивных металлов», что обеспечило своевременную подготовку специалистов для выявления ресурсов атомного сырья.

А.Б.Каждан — один из крупнейших ученых в области теории и методологии прогнозирования, поисков, разведки и оценки полезных ископаемых. Под его руководством создана передовая научная школа геологов-разведчиков, оказывающая прогрессивное влияние на методику и условия проведения геологоразведочных работ.

В начале 70-х годов А.Б.Каждан разработал новые методические подходы к решению важнейших геологоразведочных проблем, основанные на системном подходе к изучению недр. Его разработки по количественной интерпретации геологоразведочных данных, методам оконтуривания, оценке запасов и ресурсов широко применяются в практике геологоразведочных работ. Они учтены при составлении классификации запасов полезных ископаемых, инструкциях по ее применению и в других методических документах министерства геологии и природных ресурсов.

А.Б.Каждан на системной основе создал первый в стране вузовский курс по математическому моделированию в геологии и разведке и принципиально новый курс по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых. Содержание этих курсов отражено в типовых программах Министерства образования Российской Федерации и в изданных учебниках.

В настоящее время Алексей Борисович Каждан — профессор кафедры геоинформатики МГГА, разрабатывает методические основы современной геоинформатики.

За годы научно-педагогической деятельности А.Б.Каждан подготовил более 3500 специалистов-геологов, более 60 кандидатов и 12 докторов геолого-минералогических наук. Он автор более 230 научных работ, в т.ч. 16 учебников и учебных пособий, 6 монографий. Часть его работ переведена на английский, испанский и китайский языки.



Все годы своей научно-педагогической деятельности А.Б.Каждан активно сотрудничает с геолого-производственными, научно-исследовательскими и учебными организациями и проводит большую научно-общественную работу. Многие годы он работал экспертом и членом экспертно-технического совета ГКЗ СССР. Им проэкспертировано более 100 отчетов по подсчетам запасов различных месторождений, что способствовало их правильной геолого-экономической оценке и своевременному вводу в эксплуатацию.

А.Б.Каждан был членом специализированных ученых советов МГРИ, ВИМС и МГУ, руководил секциями Всесоюзных семинаров-совещаний заведующих профилирующими кафедрами, работал членом секций Мингео СССР, Минвуза СССР, членом редакционного совета издательства «Недра», председателем КНТС по спецсырью, членом редколлегии журнала «Советская геология» («Отечественная геология»). В 1995 г. Алексей Борисович удостоен звания почетного академика Международной академии минеральных ресурсов. Он награжден орденом Знак Почета и медалями, трижды удостоен звания «Отличник разведки недр», «Почетный разведчик недр», награжден почетными грамотами Мингео СССР и Минвуза СССР.

Свое 85-летие Алексей Борисович встречает новыми творческими планами и идеями. Желаем ему здоровья и успехов в осуществлении задуманного.

*Ученый совет МГГА
Редколлегия журнала*

70-летие Бориса Александровича Соколова

Б.А.Соколов родился 30 декабря 1930 г. В 1954 г. он окончил геологический факультет Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова и был зачислен научным сотрудником кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых. Б.А.Соколов активно изучал геологическое строение и занимался оценкой перспектив нефтегазоносности различных районов Кавказа и Предкавказья, уделяя особое внимание глубоким горизонтам. Результаты его исследований уже на первых этапах внесли существенный вклад в разработку современной теории происхождения нефти и газа и формирования их месторождений. Б.А.Соколов прошел на Кавказе серьезную научную школу; по результатам этих работ он защитил кандидатскую диссертацию.

Работая под руководством И.О.Брода, Борис Александрович совместно с другими учеными обобщил большой материал, положенный в основу изданной в 1964 г. работы «Нефтегазоносные бассейны земного шара». Во время работы в Пакистане на основе полевых исследований Б.А.Соколов выдвинул принципиально новые представления о структуре и нефтегазоносности Западного Индостана. Исследуя глобальные вопросы нефтегазоносности крупных регионов, Б.А.Соколов впервые в нашей стране обратил внимание на громадный потенциал акваторий. Совместно с А.Г.Гайнановым, А.М.Серегиним и Д.В.Несмеяновым в 1973 г. он опубликовал широко известную монографию «Нефтегазоносность морей и океанов».

Развивая совместно с Н.Б.Вассоевичем школу нефтегазовой геологии и геохимии в Московском университете, Б.А.Соколов всегда уделял особое внимание эволюции и динамике развития осадочных бассейнов и формированию их нефтегазоносного потенциала. По этой проблеме он защитил докторскую диссертацию и выпустил две монографии: «Эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов» (1980) и «Эволюционно-динамические критерии оценки нефтегазоносности недр» (1985).

Б.А.Соколов — лидер наиболее перспективного современного научного направления — флюидодинамической концепции нефтегазообразования и формирования месторождений углеводородов, имеющей не только теоретическое значение, но и очень важное практическое применение. Б.А.Соколов обосновал представление о том, что очаги последовательной генерации флюидов (в т.ч. нефти и газа) охватывают широкий диапазон в разрезе земной коры, а флюидодинамические факторы являются решающими для формирования широкого круга месторождений полезных ископаемых.

Б.А.Соколов — руководитель научной школы МГУ по проблемам нефтегазовой геологии и геохимии, им создан ряд курсов и написаны учебные пособия, под его руководством и при его консультации подготовлены и защищены кандидатские и докторские диссертации. Профессор Б.А.Соколов — заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых, декан геологического факультета МГУ.

Заслуги Бориса Александровича в науке высоко оценены: член-корреспондент Российской академии наук, член Международной академии наук высшей школы, ему присуждены почетное звание «Заслуженный деятель



науки РСФСР», Ломоносовская премия Московского университета первой степени; награжден орденом Почета и медалями.

Б.А.Соколов активно участвует в научно-организационной и учебно-методической работе, являясь членом бюро правления Московского общества испытателей природы при Московском университете, председателем учебно-методического объединения университетов по геологическому образованию, членом нескольких научных советов и комитетов РАН. Б.А.Соколов состоит в редколлегиях многих научных журналов и является главным редактором «Вестника Московского университета. Серия геология». Под руководством Б.А.Соколова геологический факультет МГУ тесно сотрудничает с МПР РФ и его предприятиями.

Поздравляя Бориса Александровича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, оптимизма, новых творческих успехов и счастья.

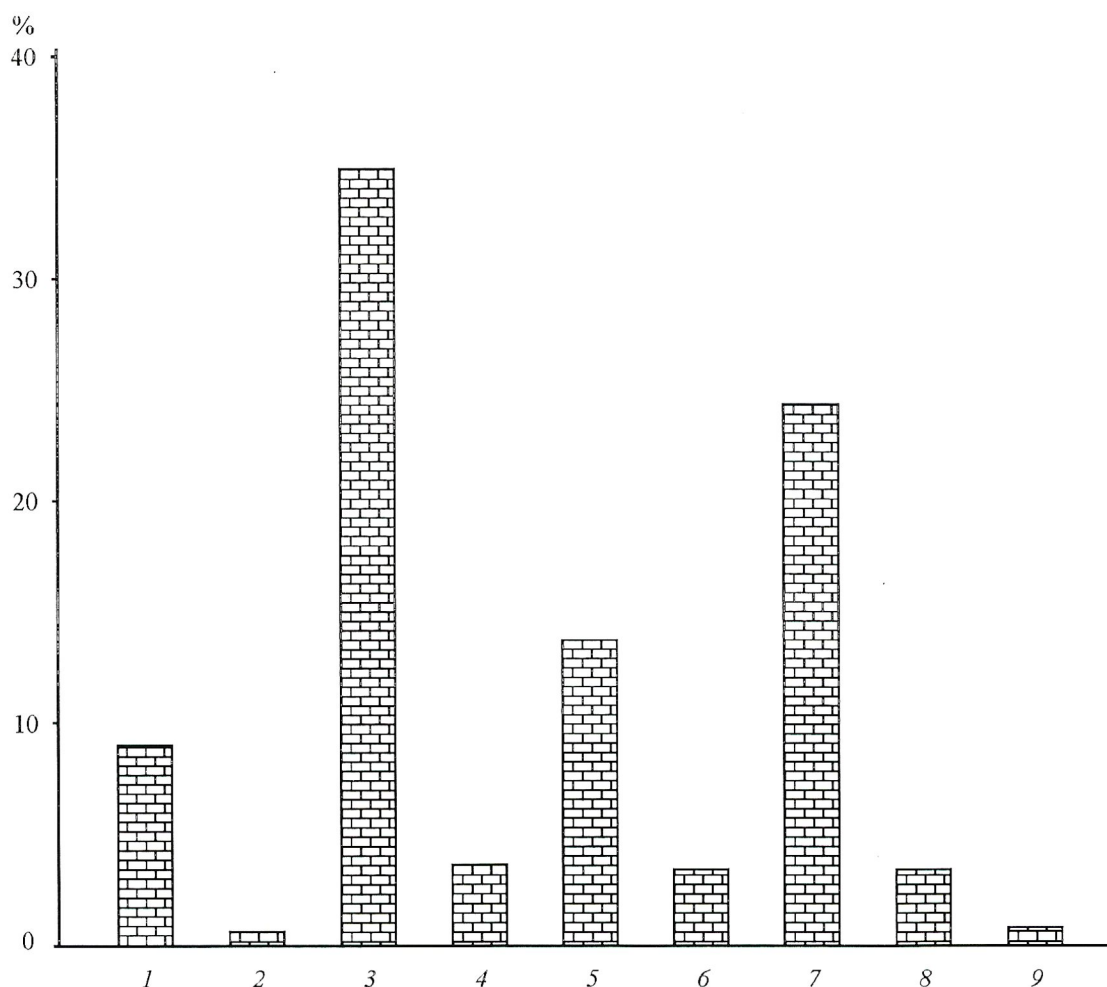
*Коллегия МПР РФ
Ученый совет геологического факультета МГУ
Редколлегия журнала*

О ФЕДЕРАЛЬНОМ БЮДЖЕТЕ МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ НА 2001 Г.

С 27 декабря 2000 г. вступил в силу Федеральный закон «О федеральном бюджете на 2001 год», принятый Государственной Думой 14 декабря 2000 г., одобренный Советом Федерации 20 декабря 2000 г. и подписанный Президентом Российской Федерации В.В.Путиным 27 декабря 2000 г. (№150-ФЗ).

Статьей 7 Федерального закона упразднены с 1 января 2001 г. Федеральный экологический фонд Российской Федерации, Федеральный фонд воспроизводства минерально-сырьевой базы, Федеральный фонд восстановления и охраны водных объектов, Фонд по охране оз.Байкал.

Ведомственной структурой расходов федерального бюджета на 2001 г. (приложение №1 к Федеральному закону «О федеральном бюджете на 2001 год») утверждены расходы Министерству природных ресурсов Российской Федерации в 10 931 292, 9 тыс. руб., в т.ч. следующие (см. рис.).



Расходы Министерства природных ресурсов РФ на 2001 г.:

1 — функционирование исполнительных органов государственной власти (центральный аппарат и территориальные органы) 940 607,4 тыс. руб. (8,6%); 2 — фундаментальные исследования и содействие научно-техническому прогрессу (разработка перспективных технологий и приоритетных направлений научно-технического прогресса НИОКР) 93 550,4 тыс. руб. (0,8%); 3 — геологическое изучение недр Российской Федерации, континентального шельфа и Мирового океана для федеральных нужд 3 940 000 тыс. руб. (36,1%); 4 — расходы на управление Государственным фондом недр 375 000 тыс. руб. (3,4%); 5 — геологоразведочные работы 1 477 500 тыс. руб. (13,5%); 6 — водные ресурсы 336 040 тыс. руб. (3%); 7 — лесные ресурсы 2 685 100 тыс. руб. (24,6%); 8 — охрана окружающей среды, животного и растительного мира 404 000 тыс. руб. (3,7%); 9 — образование 101 140,1 тыс. руб. (0,9%)

Материалы подготовил В.И. Воробьев

Contents

All-Russia Congress of Geologists	3
<i>Natalenko A.E.</i>	
Prospects of the Geological Survey and development of the mineral base of Russia	6
<i>Garipov V.Z.</i>	
Russian oil — the future	7
<i>Krivisov A.I., Benevol'sky B.I., Migachev I.F.</i>	
Problems of the national mineral security	11

IDEAS AND PROJECTS OF THE CENTURY

<i>Zaichenko V.Yu.</i>	
The Tyumen's super-deep drillhole — a geolaboratory of a new type	14
<i>Kuchin E.S.</i>	
On the main issues of endogenous ore formation	20

METALLOGENY AND MINERAGENY

<i>Surkov V.S., Cherkasov G.N., Kraevsky B.G.</i>	
On the problem concerning mineragenetic studies of megacomplexes in folded areas	31
<i>Sagir A.V., Dorofeeva R.N., Krukovsky P.Yu., Filatova Yu.B.</i>	
Structure, magmatism and metallogeny of the Belorechenskaya zone of the Sette-Daban paleorift	34
<i>Tarkhanov A.V.</i>	
The possibilities of the similarity principle when predicting uranium deposits, the Central Ucranean uranium-bearing province case history	43

STRATIGRAPHY, REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS

<i>Sintsov A.V.</i>	
Granite-gneiss structures of the Mamskaya crystalline band ..	49

LITHOLOGY, PETROLOGY, MINERALOGY, GEOCHEMISTRY

<i>Bogatikov O.A., Kurchavov A.M., Sharkov E.V.</i>	
Inter-branch Petrographic Committee of Russia — the present and future	54

<i>Chepurov A.A., Fedorov I.I., Chepurov A.I.</i>	
Experimental studies of diamond crystallization in metal-silicate-carbon systems	56

GEOFYSICS AND DEPTH STRUCTURE

<i>Blyuman B.A.</i>	
Continent and ocean crust: analysis of geologic-geophysical and isotope geochemical data	61

SHORT COMMUNICATIONS

<i>Vorobieva S.V.</i>	
Natural gold and rare metal concentrations within the Miass ore node, the Middle Urals	68

DISCUSSIONS

<i>Dubov V.A.</i>	
Tectonic nature of magnetic anomalies	71
<i>Radyukevich N.M.</i>	
On the rate and geological effects of the Earth expansion in the Mesozoic and Cenozoic	74
<i>Baryshev A.N.</i>	
On a hypothesis of the expanding Earth	76

BOOK REVIEWS

<i>Trofimov V.T.</i>	
The first manual on financial-economic evaluation of mineral deposits for students and professional geologists	76

CHRONICLE

<i>Aksirov M.M.</i>	
Book annotation	78
85th birth anniversary A.B.Kazhdan	79
70th birth anniversary B.A.Sokolov	80