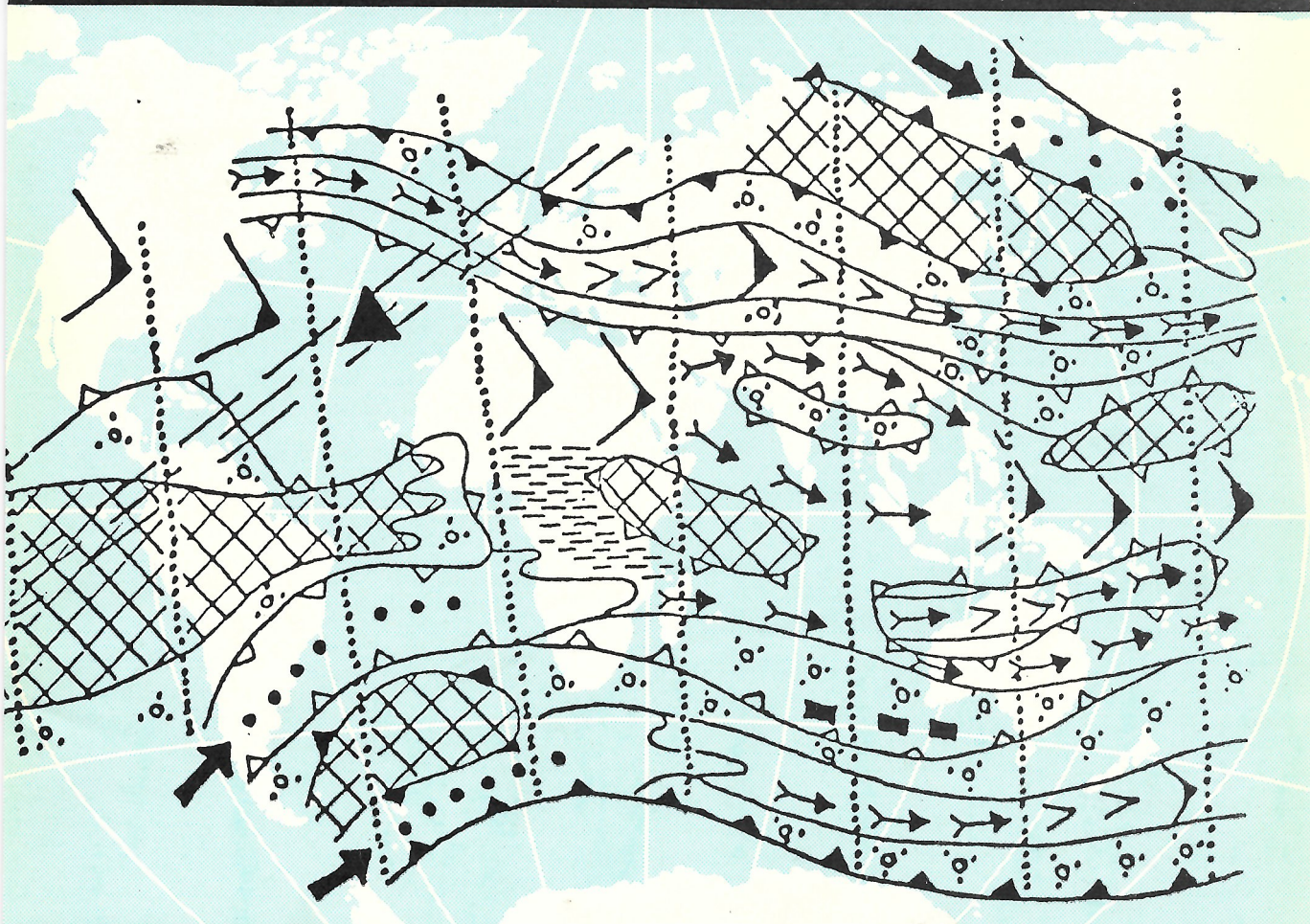


ISSN 0869-7175

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



9/1996

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ КАРБОНАТИТЫ

СТРОЕНИЕ РОССЫПЕЙ

СВОЙСТВА ЧАРОИТА

Отечественная ГЕОЛОГИЯ

Ежемесячный научный журнал

Основан в марте 1933 года

Учредители:

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

9/1996

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, А. Д. Щеглов* (председатель редсовета)

Редсовет: *А. Н. Барышев, Э. К. Буренков, В. С. Быкадоров, Г. С. Вартамян,*
Н. Н. Ведерников, И. С. Грамберг, А. Н. Еремеев, 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. Я. Ярмолюк

Содержание

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ		<i>Миляев С.А., Чекуаидзе В.Б.</i> Ионно-потенциометрические индикаторы руд- ных месторождений	41
<i>Соколов Б.А., Трофимов В.Т., Грабчак Л.Г.</i> Геологическое образование в жизни современ- ного общества	3	РЕЦЕНЗИИ	
<i>Лапо А.В., Вдовец М.С.</i> Проблема сохранения геологического наследия России	6	<i>Щеглов А.Д.</i> Атлас по геологии месторождений золота и се- ребра	48
РУДНЫЕ И НЕРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ		<i>Старостин В.И.</i> Система моделей месторождений благородных и цветных металлов в серии атласов	51
<i>Солодов Н.А.</i> Формационные типы редкометалльных карбо- натитов	12	ХРОНИКА	
<i>Хмелева Н.В., Виноградова О.В., Сысоева С.М., Маорс Л.В.</i> Метод генетического анализа строения россыпей	18	<i>Трофимов В.Т., Соколов Б.А., Богословский В.А., Швец В.М.</i> Проблемы геологического образования в России	53
ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ		Памяти Николая Николаевича Сочеванова . .	56
<i>Акимов А.Г.</i> Уникальный российский ювелирно-поделочный камень чароит	25		

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

Сдано в набор 10.07.96. Подписано в печать 20.08.96. Формат 70×108/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

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

Отпечатано Государственным картографо-геодезическим предприятием «Поликарт»

Геологическое образование в жизни современного общества*

Б.А.СОКОЛОВ, В.Т.ТРОФИМОВ (МГУ), Л.Г.ГРЕБАЧАК (МГГА)

Нет сомнения, что состояние высшего геологического образования (ВГО) целиком зависит от той роли, которую геология играет в жизни общества и от того, насколько само общество понимает и оценивает важность геологической деятельности для своего существования. Чем больше общество осознает необходимость геологии для прогресса, тем выше уровень ВГО и тем престижнее гордое звание — геолог. Отсюда следует первоочередная задача работы геологов — широкая пропаганда целей, задач и возможностей геологической деятельности, всемирная работа по геологизации общества, убедительная демонстрация необходимости геологических знаний всем членам общества — от рядовых работников до главных руководителей.

Геология как одно из направлений деятельности человека появилась в незапамятные времена. Она была призвана обслуживать три главных потребности человека: мировоззренческую, экономическую и экологическую. Первая связана с философскими вопросами о сотворении мира, происхождении жизни, строении и развитии Земли. Вторая касалась использования минерального сырья, горного и инженерно-строительного дела. Третья была связана с борьбой человека с силами природы.

Однако как самостоятельная научная дисциплина в современном ее понимании со своей терминологией, методами, теорией, задачами и объектами геология сформировалась немногим более 300 лет назад, отстав от других естественно-научных направлений, таких как математика, физика, химия, биология. Даже само название науки *геология* в современном значении было употреблено лишь в XVII в. Отсюда долгое время термин *геология* заменялся понятиями *минералогия*, *геогнозия*, а Ф.Энгельс вообще поставил геологию в составленную им классификацию наук, относя объекты ее изучения к химии.

По существу, история геологии начинается в XVIII в., когда она оформляется как особая дисциплина, представлявшая интерес для общества прикладными и мировоззренческими особенностями. Это отразилось и в появлении, наряду с геологическими организациями, средних и высших геологи-

ческих образовательных учреждений, готовивших горно-геологические кадры. Здесь уместно будет отметить, что главной движущей силой создания горно-геологических учебных заведений явилась потребность промышленного развития. Именно удовлетворение практических запросов развития государственного и частного хозяйства предопределило развитие как ВГО, так и геологической науки, второго по объему потребителя геологических кадров.

Все это хорошо прослеживается на примере России. Первый, кто дал толчок развитию геологического образования, был Петр I, который лично интересовался горно-геологическими науками. Он посещал рудники и знакомился с коллекциями руд, минералов и окаменелостями в Польше, Германии, Англии. Сохранились записи Петра с геологическими описаниями. Вот одна из них о шлиховом опробовании: «Всякую руду вначале истолочь, а потом, положив на лоток, налить воду и толкать в один конец, чтобы руда села на дно. Потом воду слить с землей, а материю высушить» (Геологическая служба России. 1995. С. 13).

Петр I в 1700 г. учредил приказ Рудокопных дел, преобразованный в 1718 г. в Берг-Коллегию, одной из задач которого было ведение поисковых работ на Урале, Алтае и Забайкалье. Выдающимися деятелями петровской поры в области проведения поисково-разведочных работ были Н. и А.Демидовы, В.Татищев, В.Геннин, а также первый президент Берг-Коллегии Я.В.Брюс, в честь которого в Москве недавно была переименована улица Неждановой в Брюсов переулок.

Запросы практики привели к тому, что впервые в России в 1721 г., т.е. 275 лет назад, на Урале создаются две «арифметические» школы: одна в Кунгуре, а другая на Уктусском заводе у Екатеринбурга, которые готовили специалистов по горному делу. Интересно, что в 1725 г. по инициативе В.Татищева впервые для подготовки геологов-профессионалов в Швецию была командирована группа молодых людей.

Важной вехой в развитии ВГО явилось создание в 1755 г. Московского университета, по праву носящего имя его основателя и выдающегося геолога М.В.Ломоносова, обучавшегося геологическим наукам во Фрайберге. Его книги «О слоях земных», «О рождении металлов от трясения земли» и др. явились первыми учебниками по геологии,

* Доклад 19 марта 1996 г. на Всероссийской конференции «Проблемы геологического образования в России».

которыми пользовались студенты Московского университета.

В создании Московского университета огромную роль сыграл И.И.Шувалов (первый его куратор) и уральские магнаты Демидовы, в течение многих лет оказывавшие поддержку в его содержании, а также создании кафедр минералогии и минералогического музея.

Первоначально университет состоял из трех факультетов: юридического, медицинского и философского. Геология преподавалась на медицинском факультете.

Через 18 лет после создания Московского университета в Санкт-Петербурге в 1773 г. организуется Горный кадетский корпус. Инициатором создания последнего выступил башкирский рудопромышленник Исмаил Касимов. В учебных планах горного корпуса, впоследствии ставшим Горным институтом, наряду с геологическими дисциплинами, были представлены в большом объеме как естественно-научные, так и гуманитарные дисциплины.

Промышленная революция XIX в. предопределила дальнейшее развитие горно-геологического образования. В России расширяется сеть университетов: в 1802 г. открывается Юрьевский, в 1804 г. — Казанский и Харьковский, в 1819 г. — Санкт-Петербургский, в 1833 г. — Киевский университеты. В 1852 г. на базе геологических школ создается Уральское горное училище.

К началу XX в. в России сформировались авторитетные геологические школы, руководимые такими выдающимися учеными и профессорами, как В.И.Вернадский, А.П.Павлов, Г.Д.Романовский, В.В.Докучаев, А.П.Карпинский, А.А.Иностранцев, И.В.Мушкетов, Е.С.Федоров, П.И.Лутугин и др.

В данном докладе не имеет смысла анализировать учебные планы университетского и горного образования. Отметим только, что университеты выпускали бакалавров и магистров, а Горный корпус — инженеров.

В XX в. во всем мире невиданно развивалась геологическая деятельность. Это связано с бурным ростом промышленности и все возрастающей потребностью в металлах, нефти, угле, других видах полезных ископаемых, что повлекло за собой интенсивное развитие, в первую очередь, прикладных разделов геологии, связанных с поисково-разведочными работами на минеральное сырье. Возник мощнейший «геологический треугольник», состоящий из геологоразведочных предприятий, научно-исследовательских институтов и вузов. Поистине данный треугольник достиг грандиозных размеров в СССР, где производственной деятельностью руководили Мингеологии СССР и отраслевые министерства.

Научное обоснование разрабатывали институты АН СССР и отраслевые институты, а кадры готовились в университетах, геоло-

горазведочных, политехнических, горных и нефтяных институтах. Напомним, что в системе Мингео СССР работало почти 0,7 млн. человек (из них 125 тыс. с высшим образованием, из которых 18 500 — научные сотрудники).

В структуру Мингео РСФСР входило 240 объединений, включавших 350 экспедиций. Подготовкой кадров геологов занималось 35 вузов, в том числе 14 университетов, в которых обучалось 40 тыс. студентов, а ежегодный выпуск составлял 6 тыс. специалистов.

За 70 лет в СССР была отработана четкая и сбалансированная система подготовки и потребления кадров геологов, способствовавшая крупным успехам в изучении строения земной коры и открытия месторождений различных полезных ископаемых, инженерного обеспечения крупного строительства.

Особенностью подготовки специалистов были: унифицированность учебных планов, строгая система контроля приема и выпуска, выпуск только дипломированных специалистов после 5-летнего обучения, высокоэффективная система учебных и производственных практик. Причем, проведение последних облегчалось предусмотренным штатным расписанием наличия вакантных мест в полевых экспедициях. Важным моментом были: распределение на рабочие места и система 2-летней обязательной отработки после окончания вуза. Эти и другие особенности привели к тому, что огромная территория СССР достаточно быстро осваивалась. Были выявлены сырьевые ресурсы, обеспечивавшие народное хозяйство страны необходимым сырьем. Это позволило выиграть войну и поднять промышленность на новый уровень. Достаточно вспомнить, что добыча нефти в 80-е годы превышала 600 млн. т/год, тогда как сейчас она едва достигает 300 млн. т/год.

Геологическая деятельность рассматриваемого периода полностью отвечала существовавшей системе планового ведения хозяйства, обеспечивала текущие потребности в минеральном сырье, способствовала освоению огромных пространств на севере и востоке страны, создавала резервы сырья на будущее. Уместно отметить, что именно наработки прошлых десятилетий смягчают экономические трудности настоящего времени. Основные поступления валюты обеспечиваются экспортом нефти, газа, урана, алмазов — полезных ископаемых, открытых геологами в 60—80-е годы.

Огромный разворот геологической деятельности в нашей стране привел к тому, что в России возникла одна из лучших в мире систем геологического образования, базирующегося на единой учебно-научно-производственной системе образования. Тесная связь высшей геологической школы России с производством и отраслевой наукой

позволяла оперативно корректировать учебные планы и программы с учетом новых изменяющихся запросов промышленности, которая оказывала высшей школе и большую материальную поддержку (наряду, естественно, и с госбюджетными ассигнованиями).

Однако созданная система ВГО могла нормально действовать только при постоянных огромных материальных и денежных вложениях государства в развитие «геологического треугольника». Существование этого «треугольника» было возможно только в системе планового детерминированного устройства народного хозяйства.

Смена системы хозяйствования с социалистического на капиталистический повлекла за собой кризис в промышленности, и следовательно, в геологической отрасли народного хозяйства. Отрицательные явления в экономике были усугублены, если так можно выразиться, распадом единого геологического пространства, резким сокращением бюджетных ассигнований на геологическую как производственную, так и научную деятельность.

Резко сократилась потребность в молодых специалистах, исчезли рабочие места производственных практик. Великий «геологический треугольник» практически распался. Геологическая служба страны сократилась на две трети, объем ассигнований в 1991 г. составил 80 % от 1990 г., в 1992 г. — 40 % от 1991 г., а в 1993 г. — 20 % от 1992 г. В связи с распадом СССР территория геологических работ сократилась почти на 24 %, а население — на 40 %.

Из-за резкого сокращения бюджетных ассигнований в кризисное положение попала и высшая школа. Исчезли директивные цифры приема студентов и четкие планы их распределения с выделением соответствующих должностей, окладов, жилья. Исчезли рабочие места производственных практик. Нет больше госзаказа и его госбюджетного финансирования. Резко снизилось вообще бюджетное финансирование, что затрудняет проведение практик, приобретение оборудования, содержание штатов.

Председатель Госкомвуза В.Г.Кинелев в 1993 г. писал, что высшая школа России переживает глубокий кризис. Основными недостатками организации высшей школы являются слабое региональное профилирование, не учитывающее конкретные запросы регионов, механическая детерминированность учебных планов; инертность и узкий профессионализм; отчетливый отраслевой характер обучения; слабая адаптация к современным запросам.

Выход из кризиса В.Г.Кинелеву видится в кардинальной реформе высшего образования, учитывающей общую направленность развития нашего общества. Основные цели реформы должны сводиться к следующему: 1) обеспечению любому гражданину макси-

мальной реализации конституционного права — получения образования, развитию личности; 2) многовариантности образования; 3) усилению творческого начала; 4) повышению фундаментальности и гуманизации знаний; 5) регионализации образования; 6) разнообразию направлений и форм образования; 7) многоуровневый его характер.

Все сказанное имеет прямое отношение и к высшему геологическому образованию, все плюсы и минусы старой системы которого хорошо известны. Как должна идти его реформа? Некоторые направления реорганизации уже просматриваются.

Во-первых, необходимо развивать общую «геологизацию» общества. Разве не странно, что человек считается недостаточно образованным, если он не знает основ истории, физики, биологии.

Однако геология, рассматривающая фундаментальные законы природы, до сих пор не включается в этот перечень. Геология должна быть включена в программы средней школы и педагогических институтов. Кроме того, основы геологии следует читать на большинстве естественно-научных и гуманитарных факультетов. Геологические знания базируются на материалистических, ясных причинно-следственных позициях, поэтому овладение ими будет положительно сказываться на формировании мировоззрения молодых людей.

Во-вторых, необходимо более решительное введение многоуровневой структуры ВГО, закрепленной в 1992 г. Законом России «Об образовании», и составлением новых учебных планов, осуществившимся в соответствии с введением многоуровневой структуры ВГО, которая включает бакалавриат, подготовку дипломированных специалистов и магистров.

Как справедливо недавно отметили преподаватели ГАНГ им. И.М. Губкина В.В. Стрельченко и В.Т. Харин (1995), нельзя согласиться с мнением о том, что бакалавр — это человек, имеющий общее фундаментальное образование, фактически не подготовлен для работы по конкретной специальности. Представляется, что за 4 года студент получает как общую подготовку, так и достаточно специальную, чтобы начать самостоятельную работу. Во всяком случае нет оснований снижать учебную нагрузку. Вместе с тем диплом бакалавра позволяет студенту более успешно распоряжаться своей судьбой: сменить направление обучения, пойти работать не по специальности, вернуться учиться дальше после некоторого перерыва. В то же время некоторое уменьшение числа обучающихся в магистратуре позволит более успешно проводить производственные практики, распределять после окончания на геологические рабочие места, принимать студентов в коммерческую магистратуру.

Многоуровневая система обучения имеет еще один аспект: она должна повысить у студентов мотивацию обучения, так как более высокие уровни обучения должны сопровождаться качественным отбором. И еще одно замечание: нам нет необходимости копировать зарубежные схемы, исходя из нашей специфики следует, как и в случае с дипломированными специалистами, создавать собственную модель образования.

В этой связи следует еще раз подчеркнуть, что основной причиной структурной перестройки ВГО является материальная необеспеченность учебного процесса, регулированность связей между вузом и промышленностью — поставщиком и пользователем геологических кадров. Именно это заставляет менять некоторые приоритеты. Если раньше основное внимание уделялось слабым студентам, то сейчас внимание должно быть переключено на сильных. Для первых наиболее близок девиз обучения «знать как делать», для вторых — «знать как думать».

Третье направление — создание новых специальностей и, в частности, экологической геологии (экогеологии). Экогеология должна разрабатывать проблему влияния геологических процессов и геологических факторов на существование человека и других субъектов биосферы. Разработка этого направления открывает огромные возможности экономического плана перед высшей школой.

Четвертое направление — всемерное развитие естественно-научного направления, используя все современные достижения математики, физики, химии, биологии.

Кроме отмеченных четырех направлений, остается традиционная деятельность по поискам и разведке полезных ископаемых и инженерно-геологической деятельности. Для нашей страны, имеющей огромную территорию и обладающей самыми разнообразными полезными ископаемыми, обнаружение месторождений остается самой актуальной задачей. Нет сомнения, что в самое

ближайшее время начнет реально сказываться нехватка квалифицированных геологов-поисковиков и инженеров. Потребность в специалистах вновь начнет расти, и вузы должны будут удовлетворить эту потребность.

Завершается XX столетие, в течение которого геология в своем развитии добилась огромного прогресса. За 100 лет проделана гигантская работа по созданию фундаментальных концепций строения Земли и выяснению закономерностей размещения в ней различных полезных ископаемых. Нет никакого сомнения, что в XXI в. геология будет занимать важное место, определяя экономику, экологию и мировоззрение цивилизованного общества. Реализация этого постулата зависит от того, как мы с вами будем действовать. Наши сегодняшние решения — это стратегия и тактика развития ВГО в XXI в.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев И.В., Крашенинников Г.Ф., Хаин В.Е. Подготовка геологов в СССР. История геологии... МГК XXVI сессия. М., 1980. С. 57—62.
2. Геологическая служба России. К 300-летию основания / Под ред. В.П. Орлова. — М.: Роскомнедра, 1995.
3. Кинелев В.Г. Региональная политика в области высшего образования: какой ей быть? // Высшее образование в России. 1993. № 4.
4. Кинелев В.Г. Объективная необходимость. — М.: Республика, 1995.
5. Садовничий В.А., Белокуров В.В., Сушко В.Г., Шикин Е.В. Университетское образование. — М.: Изд-во МГУ, 1995.
6. Соколов Б.А., Прозоровский В.А. Значение геологического образования в жизни современного общества // Вест. МГУ. Сер. геол. 1994. № 5. С. 93—96.
7. Стрельченко В.В., Харин В.Т. Опыт сравнения учебных планов и программ, действующих в ГАНГ им. И.М. Губкина и нефтегазовых вузах США и Канады. — М.: ГАНГ, 1995.
8. Трофимов В.Т., Соколов Б.А., Богословский В.А. О концепции высшего геологического образования // Вест. МГУ. Сер. геол. 1993. № 2. С. 100—103.
9. Трофимов В.Т., Соколов Б.А., Богословский В.А. и др. Состояние и перспективы высшего геологического образования в России // Вест. МГУ. Сер. геол. 1995. № 1. С. 100—104.

УДК 502.76:55.006(470)

© А.В. Лапо, М.С. Вдовец, 1996

Проблема сохранения геологического наследия России

А.В. ЛАПО, М.С. ВДОВЕЦ (ВСЕГЕИ)

В Законе РФ о недрах (ст. 33) записано: «Редкие геологические обнажения, минералогические образования, палеонтологические объекты и другие участки недр, представляющие особую научную или культурную ценность, могут быть объявлены в установленном порядке геологическими заповедниками, заказниками либо памятниками природы или культуры» [3, с. 1612]. Совокупность такого рода объектов составляет

геологическое наследие. В этом же смысле употребляются термины «геологические феномены» [8] и «геологические памятники природы» [2]; последние, однако, как показано ниже, являются лишь частью геологического наследия.

Методические аспекты изучения геологического наследия были изложены авторами ранее [9, 10, 20]. В данной статье рассматривается проблема сохранения геологиче-

ского наследия России. При этом особое внимание уделяется тем объектам наследия, которые находятся под угрозой полного или частичного уничтожения.

В настоящее время объекты геологического наследия находятся под охраной государства в составе разных категорий **особо охраняемых природных территорий**, предусмотренных соответствующим федеральным законом [17]: государственных природных заповедников (в т.ч. биосферных); национальных парков; государственных природных заказников; памятников природы; лечебно-оздоровительных местностей и курортов. Кроме того, элементы геологического наследия представлены и в следующих официально установленных категориях объектов исторического и культурного наследия [16]: историко-культурных заповедниках и музейных комплексах; памятниках археологии.

Используя данные, имеющиеся в литературе [1, 5, 7, 11—15 и др.], а также собственные материалы, рассмотрим последовательно, как представлены элементы геологического наследия в перечисленных категориях охраняемых территорий.

Среди существующих в России государственных природных заповедников [4] нет специализированных геологических, однако во многих из них проявлены разнообразные элементы геологического наследия. Наиболее известен из них Ильменский (Челябинская обл.). В настоящее время он зарегистрирован ЮНЕСКО как биосферный заповедник, хотя первоначально был основан в 1920 г. как минералогический — первый в мире. На территории Ильменского заповедника обнаружено более 250 минералов — примерно 1/10 всех существующих на Земле. Многие из них являются редкими, а 11 минералов описаны здесь впервые в мире.

В некоторых заповедниках России представлены и рудные объекты. Так, в Северо-Осетинском заповеднике находится известное свинцово-цинковое месторождение Звид, ныне не разрабатываемое. На территории Кроноцкого заповедника на Камчатке расположены 46 вулканов (в т.ч. пять действующих) и единственные в России гейзеры; последних здесь более 100, из них 20 — крупные.

Территория Алтайского заповедника характеризуется уникальной полнотой проявления парагенетических процессов мафического магматизма, гранитизации и регионального метаморфизма различных типов. Это послужило основанием для внесения восточной части Горного Алтая во Всемирный предварительный список геологических площадей.

Горный массив Ю.Крака, представляющий собой классический офиолитовый покров лерцолит-гарцбургитов и базальтов, расположен на территории Башкирского заповедника. Различные уникальные интрузивные массивы представлены в Лапландском (Мурманская обл.), Висимском (Свердловская обл.) заповедниках, древнейшие первично-магматические горные породы — в Кандалакшском заповеднике (Мурманская обл.). Стратотип басегской серии верхнего рифея находится в заповеднике Басеги (Пермская обл.), елецкого горизонта верхнего девона — в заповеднике Галичья Гора (Липецкая обл.).

Пинежский заповедник в Архангельской области — район с одной из самых высоких в мире густотой карстовых пещер. В заповеднике Шульган-Таш (Башкирия) находится Капова пещера, включенная во Всемирный предварительный список геологических площадей. С геоморфологической точки зрения интересны и другие заповедники: Астраханский, представляющий собой участки одной из крупнейших дельт мира; Дагестанский, где расположен крупнейший в Евразии Сарыкумский бархан. Своеобразные останцы выветривания являются объектом охраны в заповеднике Столбы (под Красноярском) и Печоро-Илычском заповеднике (Республика Коми). Северо-Осетинский заповедник представляет собой характерный горный район с современными активными геологическими процессами (оползни, сели, карст).

В национальных парках России также представлены различные по характеру объекты геологического наследия. В частности, в пределах национального парка Приэльбрусье расположена высочайшая вулканическая постройка Европы — гора Эльбрус (5642 м). В национальных парках Восточной Сибири — Тункинском, Прибайкальском и Забайкальском — имеются объекты рудно-петрографического типа геологического наследия; особый интерес вызывают палеовулканы Тальская Вершина и Уляборский (Черского). Многочисленны в национальных парках Восточной Сибири и проявления гидролого-гидрогеологического типа наследия (источники и озера), а также неотектонического и минералогического типов.

В национальном парке Самарская Лука обнажена толща карстующихся верхнепалеозойских известняков со стратотипом швагеринового горизонта нижней перми и гипостратотипом гжельского яруса верхнего карбона, а в Паанаярвском (Республика Карелия) — разнообразный комплекс докембрийских образований, осложненный разрывной тектоникой.

В пределах Водлозерского национального парка (Республика Карелия и Архангельская обл.) встречаются разнообразный комплекс магматических, осадочных и метаморфических пород раннего докембрия, а также полный набор различных типов ледниковых ландшафтов, типичных для областей материковых оледенений. Широкий спектр ландшафтов водно-ледникового происхождения представлен и в национальном

природном парке Русский Север (Вологодская обл.).

Классический образец современного аккумулятивного рельефа охраняется в национальном парке Куршская коса (Калининградская обл.; северная часть косы находится на территории Литвы).

Геологическое наследие представлено и в государственных природных заказниках. Наиболее интересен среди них с точки зрения геологического наследия Кожымский комплексный заказник в Республике Коми, где размещена серия уникальных разрезов палеозоя, известных разнообразными палеонтологическими находками. В Стрельнинском геологическом заказнике (Вологодская обл.) обнажены характерные горизонтально залегающие верхнепермские отложения, однозначно свидетельствующие о жарком климате периода их накопления. Существуют в России и специализированные палеонтологические заказники, например Сенгилеевский и Ульяновский (оба в Ульяновской обл.), а хорошо известное местонахождение редких минералов Уточкина Падь входит в состав Гурульбинского заказника (Республика Бурятия).

Карстовый рельеф представлен главным образом в заказниках, расположенных на Северо-Востоке европейской части России: Железные Ворота (Архангельская обл.), Пижемском, Белая Кедва и Уньинском (последние три — в Республике Коми). Весьма характерные периодически исчезающие карстовые озера являются предметом охраны в Шимозерском, Куштозерском и Луктозерском заказниках (Вологодская обл.). В Бурятии на территории Фролихинского заказника расположен своеобразный геологический объект — «поющие» пески.

Таковы краткие сведения об элементах геологического наследия, охраняемых в составе государственных природных заповедников, национальных парков и природных заказников. Главная часть охраняемых объектов геологического наследия России сосредоточена, однако, не в них, а в памятниках природы.

В качестве памятников природы под охраной государства находятся такие широко известные и разнообразные объекты, как Ахматовская и Максимилиановская минеральные копи на Урале, Очерское и Котельничское месторождения позднепермских тетрапод в Приуралье, метеоритные кратеры Сихотэ-Алиня, Кунгурская ледяная пещера, Андомская гора с гляциодислокациями в Вологодской области и Ахтанизовская сопка с проявлениями грязевого вулканизма в Краснодарском крае. Примеры известных геологических объектов, объявленных памятниками природы, можно продолжить.

Вместе с тем, выборочный анализ данных примерно по 700 геологическим памятникам различных регионов России показал, что в составе объектов геологического насле-

дия России, официально зарегистрированных в качестве государственных памятников природы, преобладают, отнюдь, не самые интересные с геологической точки зрения объекты. Так, 40 % из числа государственных геологических памятников природы составляют объекты геоморфологического (в т.ч. пещеры — 19 % и останцы выветривания 12 %), гидролого-гидрогеологического — 23 %, стратиграфического — 11 % типов, а минералогического и палеонтологического — лишь по 5 %.

Явно занижен и ранг памятников — лишь несколько десятков из них отнесено к памятникам федерального значения, а остальные считаются памятниками регионального (на уровне субъектов Федерации) или даже местного (на уровне районов) значения. Для многих объектов геологического наследия это не соответствует их научному значению. Например, государственными памятниками природы местного или регионального значения числятся такие включенные во Всемирный предварительный список геологических площадей объекты, как местонахождение вендских бесскелетных метазоа Зимний берег, Тихвинское местонахождение раннетриасовых лабиринтодонт, Шуньгский разрез и др.

Элементы геологического наследия присутствуют в большинстве лечебно-оздоровительных местностей и курортов. В основном это источники минеральных вод и озера с лечебными грязями. Особый случай представляет внесенная во Всемирный предварительный список геологических площадей «горящая гора» Янгантау, давшая название расположенному рядом курорту.

Среди историко-культурных музеев-заповедников и музейных комплексов России наибольший интерес с точки зрения геологического наследия вызывает Валаамский историко-архитектурный и природный музей-заповедник (Республика Карелия). Валаамский архипелаг, на котором он расположен, является системой блоков кристаллического фундамента, сложенного здесь позднепротерозойскими диабазами. Различные элементы геологического наследия проявляются на территориях Соловецкого (Архангельская обл.) и Карачаево-Черкесского музеев-заповедников, а также в Нижнетагильском музее-заповеднике горнозаводского дела Среднего Урала.

Среди памятников археологии федерального значения [16] элементы геологического наследия содержат пещеры: Эшмесская (Республика Коми), Игнатьевская (Челябинская обл.), Страшная (Алтайский край), Денисова (Республика Алтай), а также Каргалинские медные рудники III—II тыс. лет до н.э. (Оренбургская обл.).

Приведенный материал свидетельствует о том, что в различной форме под охраной государства в настоящее время уже находится некоторая (пока не очень значительная)

часть геологического наследия России. Вместе с тем, стратиграфический, палеонтологический, минералогический, геохимический, радиологический, палеотектонический, неотектонический и космогенный типы геологического наследия явно недостаточно представлены на охраняемых территориях и объектах страны.

В идеале следует стремиться к тому, чтобы охраняемое геологическое наследие адекватно отражало особенности геологического строения территории России и включало все уникальные, редкие и наиболее представительные геологические объекты федерального и всемирного значения.

В международном масштабе подобная работа проводится по линии составления Всемирного предварительного списка геологических площадей [19]. До недавнего времени в этом списке числились лишь пять объектов России. В 1994 г. по представлению ВСЕГЕИ в него были включены еще 15 российских объектов.

Вместе с тем, очевидно, что включение объектов геологического наследия в число охраняемых само по себе не обеспечивает его сохранение. Многие объекты, как имеющие статус охраняемых (зачастую формальный), так и вообще не охраняемые, находятся под угрозой полного или частичного уничтожения.

В России уже имеются многочисленные примеры уничтожения ценнейших объектов геологического наследия. Так, затоплено водами Камского водохранилища всемирно известное местонахождение позднепермских насекомых Тихие Горы — один из объектов экскурсий VII Международного геологического конгресса (1897). Водами Вилуйского водохранилища почти полностью затоплено Вилуйское местонахождение ахтарандита — загадочного минерала, более нигде в мире не встреченного. В Подмосковье некоторые отработанные известняковые карьеры, в которых впервые были описаны различные подразделения карбона, за последние десятилетия рекультивированы. Такая же участь постигла классический верхнеюрский разрез Студеного оврага под Москвой. Частично к настоящему времени утрачены такие ценнейшие охраняемые геологические объекты в Мурманской области, как Залежь Юбилейная в Ловозерском щелочном массиве, в которой были установлены 45 минералов (в т.ч. многих редких), и аметисты мыса Корабль, где штокверк завален, а аметистовые щетки выбраны. Полностью уничтожено при строительстве дороги через гору Полковник (окрестности г. Орска) ценное месторождение яшмы.

Для предотвращения дальнейшего уничтожения ценнейших объектов геологического наследия России и выявления конкретных объектов, находящихся под угрозой, Роскомнедра среди территориальных органов управления (РГЦ и геолкома) была рас-

пространена специальная анкета. Информативные ответы на нее получены от Бурятгеолкома, Волгагеолкома, Карелгеолкома, Мурмангеолкома, Пермгеолкома, Приморгеолкома, Севвостгеолкома, Южсибгеолкома, Ямалгеолкома, Центрального РГЦ, а также от Читинского отделения Палеонтологического общества при РАН.

По сведениям, полученным из Центрального РГЦ, в Подмосковье под угрозой уничтожения в результате разработок бурого угля и известняка продолжают находиться стратотипы подразделений всех отделов карбона: нижнего — карьеры Грызлово, Богородицк, Михайлов, Гурово, Заборье; среднего — Алютово, Ямбирное, Подольск, Домодедово; верхнего — Афанасьев, Щербановка, Добрятино, Мелехово.

По другим источникам под угрозой находится и гипостратотип гжельского яруса верхнего карбона на Могутовой горе, расположенной на территории национального парка Самарская Лука. Для нужд содово-цементного комбината уже много лет интенсивно разрабатывается один из Стерлитамакских шиханов, включенных во Всемирный предварительный список геологических площадей, — рифовый массив Шахтау, где находится стратотип стерлитамакского горизонта нижней перми. Может быть уничтожен в результате застройки и стратотип микулинского горизонта голоцена у с. Микулино в Смоленской области.

Очевидно, что утрата стратотипа любого из подразделений общей стратиграфической шкалы может повлечь за собой его замену. В результате возникает реальная угроза потери национального приоритета: исчезновение из международной стратиграфической шкалы российских названий ярусов и других, более дробных стратиграфических подразделений [10].

В федеральном и региональном масштабах немаловажным также является сохранение стратотипов и опорных разрезов региональных стратиграфических подразделений. Между тем, под угрозой уничтожения в связи с воздействием различных техногенных факторов, по данным Центрального РГЦ, находятся многие опорные разрезы карбона, верхнего мезозоя и антропогена центральных районов европейской части России.

В Поволжье, по данным Волгагеолкома, под угрозой уничтожения в результате интенсивного строительства, сельскохозяйственной деятельности и естественных эрозийных процессов находятся многие стратотипы и опорные разрезы различных подразделений юры, мела и палеогена: разрез оврагов Малинов, Соляный Дол и Каменный Дол, обнажение близ с.Пудовкин Буерак, а также так называемые «слои Белобродни» и «Озинковские слои».

В Кемеровской области, по данным Южсибгеолкома, под угрозой уничтожения на-

ходятся стратотипы различных свит девона, карбона и перми. Немало таких примеров и на остальной территории страны.

Стратотипы и опорные разрезы, приуроченные к рыхлым отложениям, наиболее уязвимы. Так, включенная во Всемирный предварительный список геологических площадей Мамонтова Гора в Якутии, являющаяся опорным разрезом неогена Верхояно-Чукотской области и богатейшим местонахождением ископаемой наземной флоры и фауны кайнозоя, может потерять свое значение из-за частых здесь пожаров, рубки леса и неорганизованного туризма [12].

Факторы угрозы для объектов палеонтологического типа различны; один из них — горные работы. Например, разработка известняков угрожает богатейшим местонахождениям морских беспозвоночных палеозоя в окрестностях г. Гурьевска и Анжеро-Судженска Кемеровской области, рифейскому комплексу строматолитов Тайна, характеризующемуся многочисленностью и разнообразием строматолитовых построек, богатейшему местонахождению юрских ракообразных и насекомых Дая (оба — в Читинской обл.). Разработка фосфоритов угрожает местонахождению морской фауны пограничных слоев юры и мела около г. Егорьевска Московской области, разработка песчанников — местонахождениям наземных девонских растений Ленный Лог в Красноярском крае и Акарачкинского карьера в Кемеровской области. Добыча таких тривиальных и широко распространенных видов сырья, как песок и гравий, грозит уничтожением интереснейших объектов палеонтологического типа: крупнейшему в Европе местонахождению остатков мамонтов на окраине г. Севска (Брянская обл.), местонахождению палеоценовых растений г. Камышин (Волгоградская обл.), уникальному местонахождению юрских растительных остатков, насекомых, моллюсков и рыб Черновские Копи (Читинская обл.) и местонахождению крупных тетрапод татарского яруса у пос. Северный Коммунар (Пермская обл.).

Местонахождение Кайеркан на севере Красноярского края, характеризующееся большим разнообразием растительных остатков поздней перми, находится под угрозой полного уничтожения в связи с использованием его территории под отвалы карьеров Норильского концерна [12].

Под угрозой уничтожения в результате строительных работ местонахождения пермских растений Тарловка и Крутая Катущка в Приуралье, местонахождение раннепермских насекомых и растений Чекарда (также в Приуралье), местонахождение раннеюрских растений, насекомых, ракообразных и моллюсков Татышев, расположенное в пределах городской черты г. Красноярска, Благовещенское местонахождение поздне меловых рептилий в Амурской обла-

сти (в пределах городской черты г. Благовещенска), местонахождения палеогеновой и неогеновой листовой флоры Тим (Курская обл.) и Кривоборья (Брянская обл.). В Пермской области строительство газопровода угрожает позднепермским местонахождениям дейноцефалов «Красноярск-2» и эстеменозухидов «Чайковский».

Однако основной фактор угрозы для объектов палеонтологического типа — расхищение местонахождений макрофоссилий в коллекционных целях. Расхищению подвергаются в первую очередь местонахождения редких и (или) внешне эффектных палеонтологических объектов: минерализованные отводы и отпечатки листьев растений, отпечатки древнейших беспозвоночных, насекомых разного возраста, раковины аммонитов, панцири трилобитов, кости позвоночных, бивни мамонтов. Под угрозой уничтожения в результате расхищения уникальное местонахождение вендских бесскелетных метазоа Зимний берег в Архангельской области, занесенное во Всемирный предварительный список геологических площадей, местонахождения раннекарбонной флоры Лог Безустный, Игрышинское, Увалы и Тумна (все в Красноярском крае), крупнейшее местонахождение остатков триасовых лабиринтодонтов Паршино в Ярославской области, а также многие другие местонахождения различных макрофоссилий. Постепенно растаскивается, несмотря на статус государственного памятника природы, 20-метровый минерализованный ствол кипариса на местонахождении Гаевка в Ульяновской области. Углефицированные остатки поздне меловых растений Деревянных Гор (Новосибирские о-ва) служат не только коллекционным материалом, но и топливом для туристов [12].

Такие же основные факторы — разработка полезных ископаемых и расхищение местонахождений в коллекционных целях — являются главной угрозой и для объектов минералогического и петрографического типов геологического наследия. Здесь особенно остро возникает альтернатива: уничтожение объекта при промышленной эксплуатации или его сохранение в качестве объекта геологического наследия. Представляется, что единственно возможный здесь путь — сохранение эталонных целиков эксплуатируемых месторождений в качестве объектов наследия, как это нередко практикуется за рубежом.

Примеры продолжающегося невосполнимого уничтожения ценных объектов минералогического типа довольно многочисленны. Так, в Адун-Челонском гранитном массиве (Восточное Забайкалье) в ходе горных работ уничтожается проявление уникальной пегматитовой минерализации, известной еще с XVIII столетия: друзы и кристаллы мориона (размером до 1 м), акварина, топаза, флюорита и других самоцветных минералов. В результате проведения взрыв-

ных работ крупные кристаллы уже раздроблены; началась и эрозия крутых склонов Адун-Челонского массива.

По данным Бурятгеологии, уже упоминавшемуся местонахождению редких минералов Уточкина Падь, расположенному на территории Гурульбинского заказника, грозит уничтожение в случае разработки Ошурковского апатитового месторождения.

Грозит уничтожение в связи с бесконтрольной эксплуатацией и расхищением и некоторым другим объектам минералогического типа геологического наследия: астрофиллитам горы Эвеслогчорр Хибинского щелочного массива (внесен во Всемирный предварительный список геологических площадей), амазонитам горы Парусная Ловозерского массива (оба на Кольском п-ове), чароитам единственного в своем роде месторождения Сиреневый Камень Мурунского массива в Восточной Сибири, редким минералам Талнахского месторождения на севере Красноярского края, минералам манганкальцит-родохрозитового ряда нескольких местонахождений на Полярном Урале.

В качестве объектов петрографического типа наследия, которым грозит уничтожение, можно назвать Шунгский разрез (нижний протерозой), внесенный во Всемирный предварительный список геологических площадей, где наиболее чистая разновидность древнейшей высокоуглеродистой породы — шунгит-1 — уже почти выработана, а также Ливинский углеразрез в Кемеровской области, где при эксплуатации уничтожается редкий тип ископаемых углей — гагат. В Алтайском крае бесконтрольно расхищаются знаменитые месторождения декоративных «яшм» — яшмовидные роговики на Ревневском месторождении и яшмовидные порфиры и фельзиты на Коргонском.

Под угрозой находятся также объекты геоморфологического типа геологического наследия. В результате взрывных работ при добыче известняков могут быть утрачены такие ценные объекты наследия, как пещера Хээтей в Читинской области, содержащая остатки плейстоценовой мамонтовой фауны, интересная своим причудливым строением и разнообразием форм сталактитов и сталагмитов, а также Спасская пещера в Приморье, в которой можно наблюдать наиболее раннюю стадию развития карстовой полости. В Приморье же, по данным Приморгеолкома, в результате хозяйственной деятельности могут быть уничтожены пещера Соляник (Зимородок), включенная в кадастр наиболее глубоких пещер бывшего СССР, и пещера «Чертовы Ворота», интересная ценными археологическими находками.

Рассмотренные материалы свидетельствуют о том, что под угрозой полного или частичного уничтожения находятся многие ценнейшие объекты геологического насле-

дия России. Во многих случаях речь идет о прямом нарушении Закона РФ о недрах, который гласит: «В случае обнаружения при пользовании недрами редких геологических и минералогических образований, метеоритов, палеонтологических, археологических и других объектов, представляющих интерес для науки или культуры, пользователи недр обязаны приостановить работы на соответствующем участке и сообщить об этом органам, предоставившим лицензию» [3, с. 1612].

Следует добиться того, чтобы это юридическое положение стало действенным инструментом сохранения геологического наследия России.

В целом работа по изучению и сохранению геологического наследия страны, по нашему мнению, должна строиться по следующим основным направлениям.

1. Выявление и инвентаризация объектов наследия.

2. Юридическое оформление объектов геологического наследия в качестве охраняемых территорий.

3. Установление факторов угрозы объектам геологического наследия, нейтрализация этих факторов с опорой на действующее законодательство и реальная охрана объектов наследия. В первую очередь это относится к объектам, внесенным или намечаемым к включению во Всемирный предварительный список геологических площадей.

В важнейшей работе по изучению и сохранению геологического наследия, долгое время оставшейся, по сути, вне поля зрения геологов России, в последние годы наместились существенные сдвиги. Так, новой Инструкцией по составлению и подготовке к изданию государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 [6] впервые предписывается составление специальных схем геологических памятников природы. Интенсивно разворачиваются работы по проблеме геологического наследия и в международном масштабе. В 1991 г. во Франции был проведен 1-й Международный симпозиум по сохранению геологического наследия [18], в 1993 г. на симпозиуме в г. Кельне (ФРГ) создана Европейская ассоциация по сохранению геологического наследия ProGEO («за Землю»), которая в 1995 г. провела в г. Сигтуна (Швеция) первую генеральную ассамблею. Вопросы изучения геологического наследия впервые в истории геологических конгрессов включены в программу XXX МГК (г. Пекин, 1996 г.).

Российские геологи принимают активное участие в этих международных мероприятиях, обеспечивая тем самым достойное участие России в деле сохранения общего достояния человечества — геологического наследия Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геологические памятники Байкала* / Отв. ред. М.И.Грудинин. — Новосибирск: ВО «Наука», 1993.
2. *Ефремов Ю.К., Соболев О.А.* Памятники природы геологические // *Горная энциклопедия*. М., 1989. Т. 4. С. 53—54.
3. *Закон РФ «О недрах»* // *Собрание законодательства Российской Федерации*. 1995. № 10. С. 1592—1622.
4. *Заповедники СССР* / Под ред. А.И.Бородина и Б.Е.Сыроечковского. — М.: Лесная промышленность, 1983.
5. *Иметхенов А.Б., Тулохонов А.К.* Особо охраняемые природные территории Бурятии. — Улан-Удэ: Бурятский НЦ СО РАН, 1992.
6. *Инструкция по составлению и подготовке к изданию государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000* / Сост. А.И.Бурдэ, Ю.С.Маймин, В.В.Старченко и др. — М.: Роскомнедра, 1995.
7. *Кадастр охраняемых природных территорий Республики Коми* / Отв. ред. А.И.Таскаев, Н.И.Тимонин. — Сыктывкар: Госкомприрода Республики Коми, 1995.
8. *Кац Я.Г., Козлов В.В., Ушаков С.А.* Геологические феномены России // *Природа*. 1994. № 11. С. 34—42.
9. *Лапо А.В., Вдовец М.С., Петров В.В., Пашкевич Н.Г.* Методика выявления и картографирования участков геологического наследия // *Современные технологии регионального геологического и прогностно-металлогенического изучения территории, разрабатываемые во ВСЕГЕИ*. СПб, 1994. С. 29—30.
10. *Лапо А.В., Давыдов В.И., Пашкевич Н.Г.* и др. Методические основы изучения геологических памятников природы России // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 1993. Т. 1. № 6. С. 75—83.
11. *Макарихин В.В.* Геологические памятники природы // *Геология и охрана недр Карелии*. Петрозаводск, 1992. С. 62—98.
12. *Местонахождения ископаемых растений, нуждающиеся в охране* / Отв. ред. А.Л.Тахтаджян // *Тр. Ботанического ин-та РАН*. 1994. Вып. 12.
13. *Особо охраняемые природные территории, растения и животные Вологодской области* / Отв. ред. Г.А.Воробьев. — Вологда: Комитет экологии и природных ресурсов, 1993.
14. *Особо охраняемые природные территории Мурманской области* / Под ред. Г.В.Калабина. — Апатиты: Кольский НЦ РАН, 1992.
15. *Особо охраняемые природные территории Свердловской области* / Отв. ред. В.Н.Большаков. — Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985.
16. *Указ Президента РФ от 23.02.1995 г. № 176 «Об утверждении Перечня объектов исторического и культурного наследия федерального (общероссийского) значения»* // *Собрание законодательства Российской Федерации*. 1995. № 9. С. 1381—1481.
17. *Федеральный закон «Об особо охраняемых территориях»* // *Собрание законодательства Российской Федерации*. 1995. № 12. С. 1926—1944.
18. *Actes du Premier Symposium International sur la Protection du Patrimoine Geologique*. Digne-les-Bains, 14—16 juin 1991 // *Memoires de la Societe Geologique de France*. 1994. N 165.
19. *Cowie J.W., Wimbleton W.A.P.* The World Heritage List and its relevance to geology // *Geological and Landscape Conservation*. Edited by D.O'Halloran a.o. London, 1994. P. 71—73.
20. *Лапо А.В., Пашкевич Н.Г.* Typology of the geological heritage of Russia // *Abst. of paper and poster presentations. ProGEO General Assembly*. Uppsala, 1995. P. 9.

Принята редколлегией 29 января 1996 г.

Рудные и нерудные месторождения

УДК 553.493

© Н.А.Солодов, 1996

Формационные типы редкометалльных карбонатитов

Н.А.СОЛОДОВ (ИМГРЭ)

Карбонатиты — магматогенные производные существенно карбонатного состава — всего за полвека со времени открытия превратились в один из важнейших промышленных источников добычи полезных ископаемых, особенно редких металлов. Вместе с тем, в их систематике нет должного единства. Более того, некоторые исследователи относят к карбонатитам только те образования, которые связаны с щелочно-ультраосновными массивами. Однако уже Л.С.Бородин — пионер их изучения в нашей стране [1, 2] — выделял четыре формационные группы карбонатитов, связанных с различными типами щелочных пород: щелочно-ультраосновными породами и нефелиновыми сиенитами; щелочными габброидами и нефелиновыми сиенитами; нефелиновыми и фельдшпатоидными сиенитами; щелочными сиенитами и граносиенитами. В.С.Самойлов

[9] выделяет карбонатиты трех рудноформационных типов различных комплексов.

Карбонаты — неперенная составная часть любых щелочных магм. Лишь в кимберлитах и массивах щелочных гранитов карбонаты диссиминированы по всему объему породы. Во всех остальных массивах щелочных пород карбонаты, наряду с диссиминированной формой нахождения, обособлены в виде самостоятельных тел. Таким образом, очевидна естественная классификация карбонатитов в зависимости от их принадлежности к тем или иным формациям щелочных массивов [10, 11]: 1) карбонатиты щелочно-ультраосновных массивов; 2) внутриразломные карбонатиты вне видимой связи с щелочно-ультраосновными массивами; 3) карбонатиты щелочно-основных массивов; 4) карбонатиты нефелин-калишпатовых массивов; 5) карбонатиты нефелин-альбитовых массивов; 6) карбонатиты

нефелин-калишпат-альбитовых массивов; 7) карбонатиты щелочных сиенитов; 8) карбонатиты кальсилит-псевдолейцит-калишпатовых массивов.

Каждый из восьми выделенных формационных типов карбонатитов характеризуется специфическим набором полезных ископаемых, уровнем их содержания и запасов.

Карбонатиты щелочно-ультраосновных массивов. В настоящее время выявлено свыше 250 щелочно-ультраосновных массивов, из которых более или менее подробно изучена только половина. Все рудоносные щелочно-ультраосновные массивы приурочены к древним платформам [6, 11, 14]. При этом основная их масса на каждой платформе располагается с той ее стороны, которая противоположна направлению дрейфа континента. Размещение массивов непосредственно в пределах щелочно-ультраосновных провинций площадное, реже линейное [10, 11].

Возраст щелочно-ультраосновного магматизма варьирует от позднего докембрия до современного, причем по мере омоложения последовательно нарастает его интенсивность. По подсчетам А.А.Фролова, примерно 7 % щелочно-ультраосновных массивов позднедокембрийского возраста, 26 % — палеозойского, 31 % — мезозойского и 36 % — кайнозойского [12]. Нередко наблюдается отчетливая зональность, выражающаяся в закономерном уменьшении возраста от массива к массиву в определенном направлении.

Большинство щелочно-ультраосновных массивов представляют собой в плане изометрические округлые тела. Предполагается, что на глубине они имеют колоннообразную форму и грубо вертикальное залегание. Площадь массивов не превышает первых десятков квадратных километров и в среднем, по подсчетам А.А.Фролова, равна 14 км² [12].

Для ясности последующего изложения необходимо сказать несколько слов о генезисе щелочно-ультраосновных массивов.

Поскольку редкометаллоносные щелочные массивы всегда располагаются на древних платформах или в пределах докембрийских срединных массивов (т.е. на участках древней земной коры), остается предположить, что именно непосредственно под древней корой (т.е. на глубинах 40—50 км) зарождались рудоносные щелочные магмы.

Тектоническое выдавливание магмы в форме столба при наличии твердых окружающих пород физически невозможно, поэтому механизм перемещения расплава вверх, в сущности, может быть только один. Такие составляющие расплава, как щелочные металлы, галлоиды, фосфор, водород и другие в виде легких и легкоплавких соединений накапливаются в верхней части очага. Этого вполне достаточно, чтобы кровля начала расплавляться, т.к. плавни-минерализаторы

значительно понижают температуру плавления. В результате возникает «самоходный» механизм продвижения магмы вверх: кровля расплавляется под воздействием плавней, а расплавленное вещество, опускаясь вниз и оставшись без минерализаторов, кристаллизуется. Подобный механизм проплавления не требует никаких энергетических затрат, т.к. при кристаллизации минералов внизу столба выделяется теплота, которая превосходит затраты энергии, необходимые для расплавления кровли.

Механизм самопроплавления хорошо объясняет столбообразную, округлую в плане форму большинства щелочных массивов. Снимается и проблема освоения пространства магматическим расплавом. Если считать, что колоннообразные тела щелочных массивов внедрялись, то куда исчезли те породы, которые были на их месте? Раздвижением пород это не объяснишь, поскольку форма тел в поперечном сечении округлая. Кроме того, не установлены брекчирование и смятие окружающих пород, что должно было бы происходить, если бы расплав внедрялся в столбообразные трещины под давлением. Понятно и вертикальное залегание щелочных массивов, поскольку направление движения магмы определяла не трещинная тектоника, а накопление плавней-минерализаторов в апикальной части магматического очага.

Процесс проплавления продолжается до тех пор, пока в верхних этажах земной коры вблизи от поверхности плавни-минерализаторы не вырвутся из магмы (самостоятельно или совместно с какой-то частью магматического расплава) путем внедрения в трещины или взрыва. В результате резкого падения давления начинается кристаллизация магматического расплава. Равновесные условия в очаге нарушаются, происходят ликвация и другие явления магматической дифференциации. При этом первыми кристаллизуются ультрабазитовые составные части расплава, а последними — карбонатитовые. Карбонатитовая составляющая, будучи самой поздней и к тому же самой богатой фтором, фосфором, CO₂, H₂O, а следовательно, и наиболее агрессивной, переходит в твердое состояние не только путем свободной кристаллизации, но и посредством интенсивного замещения (автометасоматоза) уже затвердевших частей массива.

Карбонатиты как наиболее поздние производные щелочно-ультраосновных массивов залегают в их центральной части, формируя своего рода ядра площадью иногда до многих квадратных километров. Но не менее часто под влиянием беспокойной тектонической остановки в близповерхностных условиях они выдавливаются в уже затвердевшие части массива (или даже во вмещающие породы), где и кристаллизуются или автометасоматически замещают их, образуя тела самой разной формы (штоки, линзы,

жилы) длиной до 1—2 км и мощностью до нескольких сотен метров.

Карбонатиты щелочно-ультраосновных массивов — самые крупные и наиболее богатые месторождения ниобия, менее значительны здесь месторождения тантала, редких земель, циркония и гафния, иногда железа, меди, апатита, флогопита и др. Основная масса ниобия и тантала представлена пироксеном, в меньшей мере перовскитом, диэнантитом и гатчеттолитом. Отношение ниобия к танталу в пироксене колеблется в пределах от 20 до 50, в гатчеттолите — от 4 до 8. Но поскольку последнего очень немного и встречается он лишь местами, на среднем для карбонатитов в целом это не сказывается.

Внутриразломные карбонатиты вне видимой связи с щелочно-ультраосновными массивами. Если продвигающийся в результате проплавления из подкорковых глубин щелочно-ультраосновной расплав встретит крупный тектонический разлом, то его легкоплавкая верхняя часть, естественно, устремится вверх по трещинам, в которых и происходит ее консолидация как путем свободной кристаллизации, так и посредством замещения вмещающих пород. Оставшийся внизу без минерализаторов магматический расплав, естественно, должен застыть и в дальнейшем процессе не участвовать.

Легкоплавкая же часть расплава, внедрившаяся в зону разлома, состоящая из CO_2 , H_2O , P, галлоидов и их легкоподвижных соединений с ниобием, редкими землями, стронцием и другими металлами, образует протяженные тела карбонатитов с апатитом, флюоритом, пироксеном, фосфатами редких земель, целеститом, баритом и зональной фенитизацией в экоконтактах. Естественно, содержание полезных минералов в этом случае из-за их растаскивания по протяженным трещинам разлома будет значительно ниже, чем в собственных карбонатитах щелочно-ультраосновных массивов. Формационно и геохимически эти карбонатиты близки к предыдущему типу, но существенно отличаются морфологией тел — в основном дайки, уплощенные линзы и жиллообразные тела.

Характерным примером описываемого типа карбонатитов является Новополтавское месторождение на УКЩ и, возможно, Татарское-I на Енисейском Кряже. При существенно ниобиевом (в основном пироксеновом) характере руды этих месторождений и беднее, и значительно мельче по запасам.

Карбонатиты щелочно-основных массивов. Известны в Норвегии (Стерней) и России; их редкометаллоносность проблематична. Е.И.Семенов [7] считает, что промышленные месторождения редких металлов с такими массивами вообще не связаны. Л.С.Бородин [1] к этой формации относил месторождения Маунтин-Пасс (США) и Кайзерштуль (ФРГ). Однако для месторож-

дения Маунтин-Пасс доказано отсутствие связи с щелочными габброидами. По-видимому, и месторождение Кайзерштуль не относится к данной формации. Однако в связи с обнаружением большого сходства руды с платиноидами и появившимися фактами не только сульфурофильности, но и оксифильности, а также сидерофильности его свойств есть надежда, что карбонатиты и другие рудные образования щелочно-основных массивов могут оказаться руденосными.

Карбонатиты нефелин-калишпатовых массивов. Эти массивы (Ловозерский, Хибинский, Илимаусак, Посус-ди-Калдас, Лос, Пилансберг и др.) обычно называют агапитовыми в противоположность миаскитовым, у которых отношение суммы калия и натрия к алюминию (коэффициент агапитности) менее 1. Однако, например, в Хибинском массиве всего 15 % объема слагающих его пород являются агапитовыми, поэтому его в целом никак нельзя отнести к агапитовой группе. Аналогично — массив Пилансберг на юге Африки, коэффициент агапитности которого в целом менее 1. В связи с этим все фельдшпатоидные сиениты нами делятся по породообразующим минералам на нефелин-калишпатовые (так называемые агапитовые), нефелин-альбит-калишпатовые (миаскитовые), нефелин-альбитовые (мариуполиты) и кальсилит-псевдодольцит-калишпатовые [10, 11]. В данном случае это особенно важно, т.к. в агапитовых массивах ниобий находится главным образом в форме лопарита, тогда как в миаскитовых — в форме пироксена, а если массив по традиции считают агапитовым, хотя по составу он миаскитовый, то пироксен в нем не ожидают и, естественно, при поисках пропускают, тем более, что пироксен похож на гранат.

Нефелин-калишпатовые массивы, а их известно не более одного десятка, исключительно единообразны как по форме и размерам, так и по внутреннему строению, минеральному составу, геохимии и минерализации. Все они обладают округлой формой в плане и воронкообразной в разрезе, в отличие от столбообразной у щелочно-ультраосновных массивов, от которых многие даже весьма опытные исследователи их зачастую не отличают. Размеры нефелин-калишпатовых массивов в плане всегда более 100 км² (у Хибинского даже 1300 км²), тогда как щелочно-ультраосновных массивов всегда на много меньше 100 км².

Нефелин-калишпатовые массивы всегда имеют отчетливо концентрическое зональное строение в плане, что в объемном выражении представляет собой воронки, вставленные одна в другую. Коэффициент агапитности зон последовательно возрастает от краевой (самой ранней) к центральной (самой поздней), а минеральный состав их в том же направлении изменяется от лейко-

кратового к меланократовому, иначе говоря, от щелочных сиенитов к нефелин-калишпатовым (или нефелиновым) породам со все возрастающей примесью щелочных амфиболов и пироксенов.

Минерагения нефелин-калишпатовых массивов также весьма своеобразна. Это крупнейшие комплексные месторождения ниобия, тантала, лантаноидов, иттрия, циркония, гафния, а иногда и бериллия.

Карбонатизация — явление для нефелин-калишпатовых массивов хорошо известное. Но лишь сравнительно недавно в восточной части Хибинского массива при разведочном бурении были обнаружены карбонатиты. В нефелин-калишпатовых массивах (как и в щелочно-ультраосновных) карбонатиты, поскольку это самые поздние производные кристаллизационной дифференциации, должны находиться в центре массива, однако в Хибинском они смещены к востоку из-за его сильно асимметричной воронкообразной структуры (т.е. они действительно, как им и положено, находятся в структурном центре).

Карбонатиты представляют собой крутопадающее цилиндрическое тело эллипсоидной формы, в горизонтальном сечении размером 800 м в диаметре и более 1800 м по вертикали.

Карбонатитовый шток, по данным О.Б.Дудкина, слагают брекчии карбонатизированных силикатных пород, сцементированные альбит-кальцитовыми и биотит-кальцитовыми карбонатитами.

Минеральный состав карбонатитов разнообразен. Установлено более 80 минералов. Различаются эгирин-кальцитовые, пироксен-биотит-кальцитовые, биотит-кальцитовые, альбит-кальцитовые, манган-кальцит-мангандоломитовые, мангананкеритовые карбонатиты. Кроме того, обнаружены мангансидерит (олигонит), железистый родохрозит, магнезит, стронцианит, синхизит, паризит, хуанхит, анкилит, давсонит, нахколит, флюорит, магнетит, сода, апатит. Из редкометаллических минералов, наряду с перечисленными выше редкоземельными и стронциевыми карбонатами, встречаются стронцианит, пироксид, ниобиевый рутил ($5,2\text{—}8,6\%$ Nb_2O_5), циркон.

Для карбонатитов характерна высокая марганцовистость при пониженном содержании магния, вследствие чего отсутствуют форстерит, диопсид, клиногумит, флогопит. Концентрация редких металлов в карбонатитовом комплексе Хибин не превышает их содержания в соседних фойяитах.

Прогноз выявления промышленных концентраций редких металлов и других карбонатитовых полезных ископаемых для Хибинского массива, к сожалению, не однозначен. Если в щелочно-ультраосновных массивах редкие металлы накапливаются к концу процесса, в ходе магматической дифференциации, что и приводит к обогащению

ими карбонатитов, то в Хибинском массиве редкие элементы содержатся в значительных количествах в силикатных породах ранних и промежуточных стадий (редкие земли и стронций в апатите, тантал и ниобий в сфене и сфенитах и т.д.), что подтверждается заметным уменьшением содержания редких земель и стронция в апатите карбонатитов ($0,74$ и $1,01\%$ соответственно) по сравнению с апатитом из апатит-нефелиновых рудных тел рисчоррит-ювит-уртит-ийолитового комплекса ($1\text{—}12\%$ TR_2O_3 и $2,5\text{—}4\%$ SrO). Редкие земли и стронций здесь особенно показательны, поскольку даже в самих карбонатитах они обычно накапливаются к концу процесса.

Типичный пример карбонатитов рассматриваемого типа — Томторское месторождение, широко известное благодаря чрезвычайно богатым карбонатитовым корам выветривания [5, 15].

Томтор многими, в т.ч. крупными, знатоками карбонатитов [5, 15] ошибочно относится к щелочно-ультраосновным, хотя по всем параметрам (форме, размеру, внутреннему строению, минералого-петрографическому составу, геохимии и минерагении) это типичный представитель нефелин-калишпатовых массивов. Это крупное округлое в плане тело площадью 300 км^2 , расположенное в соответствии с мегазональностью [10, 11] на самом краю Сибирской платформы между Анабарским щитом и Оленекским поднятием. От периферии к центру массив слагают следующие грубо кольцевые зоны: 1) зона щелочных и нефелиновых сиенитов горизонтальной мощностью $2\text{—}10\text{ км}$; 2) зона уртитов, ийолитов, мельтейгитов, якупирангитов мощностью $1\text{—}2\text{ км}$; 3) ранние карбонатиты — зона калишпат-амфибол-карбонатных пород мощностью $0,5\text{—}2\text{ км}$ и мощные линзовидные тела кальцит-флогопит-магнетитовых пород вне зональной структуры массива, доломит-кальцитовых и доломитовых карбонатитов; 4) поздние карбонатиты центральной части массива — калишпат-apatит-слюдистые, шамозит-кальцитовые, шамозит-анкеритовые, доломит-анкеритовые породы общей площадью 5 км^2 (вместе с ранними карбонатитами — 12 км^2) [5].

По данным А.Р.Энтина и др. [15], возраст двух первых зон массива составляет $700\text{—}800$ млн. лет, карбонатитов $600\text{—}660$ млн. лет, даек и трубок взрыва липаритов-альнеитов $350\text{—}500$ млн. лет.

Ранние кальцитовые карбонатиты содержат всего $0,056\%$ Nb_2O_5 и $0,55\%$ TR_2O_3 , поздние — соответственно $0,18\text{—}0,49\%$ Nb_2O_5 (в среднем $0,27\%$) за счет пироксидов и $0,7\text{—}1,8\%$ TR_2O_3 (в среднем $0,8\%$). В еще более поздних анкеритовых карбонатитах содержание Nb_2O_5 уменьшается до $0,19\%$, а TR_2O_3 возрастает до $1,27\%$ [5].

Карбонатиты покрыты очень богатой корой выветривания мощностью $100\text{—}400\text{ км}$,

отдельные крупные участки которой содержат (в %): Nb_2O_5 7,7; $(\text{Ln}_Y)_2\text{O}_3$ 0,93; $(\text{LnCe})_2\text{O}_3$ 16,1; Sc_2O_3 0,062; V_2O_5 1,0; SrO 3,9; BaO 5,6; P_2O_5 12,7 (до 30); TiO_2 8 [5].

Исключительное богатство кор выветривания Томтора А.В.Лапин и А.В.Толстов объясняют воздействием на них эпигенетических процессов, возникающих при дренировании перекрывающих коры пермских угленосных толщ атмосферными водами. Однако еще 10 лет назад нами было высказано предположение о гораздо более вероятном генезисе богатых редкометалльных руд этих кор выветривания.

Громадный щелочной массив после консолидации, естественно, еще длительное время продолжает выделять гидротермальные растворы, которые несут дополнительные концентрации редких металлов. Теперь это подтверждается целым рядом очевидных и однозначных фактов:

1) силлообразные интрузии и дайки щелочных пород секут не только кору выветривания, но и перекрывающую ее пермскую угленосную толщу, следовательно, и выделяемые из еще не остывшего массива гидротермы могли воздействовать на кору и обогащать ее редкими металлами, Р, CO_2 , сульфиды; аналогичные явления наблюдаются и в ныне действующих вулканах, например, из вулканогенных вод Паужетской электростанции даже добывают скандий;

2) данное суждение подтверждается и результатами определений абсолютного возраста (см. выше);

3) исследователи месторождения приводят многочисленные свидетельства об усадке коры выветривания, что связывается с выносом гидротермальными растворами легко растворимых (не только химически, но и физически — муть) веществ;

4) если отсутствие кислорода в водах, якобы дренирующих угленосные толщи, совершенно не объяснимо, то для гидротерм, в которых кислород связан в форме карбонат- и фосфат-ионов, это вполне понятно;

5) аналогично невозможно понять, как атмосферные воды могут вымывать из угленосных толщ алюминий и даже цирконий, образующий затем в коре цирконийсодержащий ксенотим, циркон и др., тогда как эти труднорастворимые металлы вполне естественны для гидротерм;

6) выносом из угленосных толщ таких высоких концентраций ниобия, ванадия, скандия, титана невозможно объяснить столь сильное дополнительное обогащение ими кор выветривания, тогда как для гидротермальных растворов это вполне естественно;

7) наконец, руды со струйками и линзочками гетита, собирательная перекристаллизация минералов, а также замещение пирохлора плюмбо-, стронцио-, барио- и цериопирохлором, а апатита — аналогичными разновидностями и алюмофосфатами гораз-

до правдоподобнее объясняются наложением на коры выветривания гидротерм.

У исследователей кор выветривания карбонатитов [3] существует термин «перемытые» коры. Поэтому томторские коры можно рассматривать как гидротермально перемытые коры выветривания, подчеркивая тем самым, что значительная часть их вещества выносилась гидротермами, а остальная, для нас более ценная, осаждалась из них в форме новых минералов.

Однако вернемся к предмету изучения — карбонатитам. Редкометаллоносность карбонатитов нефелин-калишпатовых массивов имеет комплексный характер. В отличие от существенно ниобиевой минерализации карбонатитов щелочно-ультраосновных массивов здесь налицо редкоземельно-ниобиевая специализация, да еще со значительной примесью стронция, скандия, ванадия, иттрия.

Однако в коренных карбонатитах нефелин-калишпатовых массивов маловероятно ожидать концентрацию редких металлов выше, чем в карбонатитах щелочно-ультраосновных массивов, поскольку значительная их часть здесь оседает на более ранних стадиях магматического процесса, и на конечной, карбонатитовой, стадии они, по-видимому, существенно не накапливаются.

Карбонатиты нефелин-альбитовых массивов. Как сами массивы мариуполитов (характерным представителем которых является Октябрьский массив на УКШ), так и особенно их карбонатиты редки. Геохимически и минералогически они занимают промежуточное положение между нефелин-калишпатовыми и нефелин-альбит-калишпатовыми массивами.

Карбонатиты нефелин-альбит-калишпатовых массивов. Массивы миаскистов обычно характеризуются удлинённой формой длиной до 30 км при ширине до 5 км. Их возраст — от протерозойского до мезозойского. Коэффициент апаитности 0,8—0,9. Рудоносные карбонатиты известны в Канаде (месторождения Лонни, Ньюмен), России (Вишневогорское) и других странах. Они образуют протяженные крутопадающие жилы и пластинообразные тела мощностью до нескольких десятков метров, прослеживающиеся с перерывами на многие километры. Карбонатиты обычно залегают среди фенитов в экзоконтакте массивов или в их надапикальной зоне. В этом их существенное отличие от карбонатитов щелочно-ультраосновных массивов и сходство с внутриразломными карбонатитами, от которых они значительно отличаются минерацией и геохимией.

Карбонатиты имеют биотит-кальцитовый состав, реже встречается доломит. Из второстепенных минералов обычны альбит, апатит (2—3 %), местами гастингсит, арфведсонит, ильменит, канкринит, сфен, анатаз. Редкометалльные минералы представ-

лены в основном пироксеном с примесью циркона. Пироксен характеризуется незначительным содержанием Ti, TR, U, Th и Ta. Отношение Nb_2O_5 / Ta_2O_5 колеблется от 50 до 150, в среднем 70. Другие ниобаты редки.

Для минерализации карбонатитов данной формации характерно резкое преобладание ниобия над всеми остальными редкими металлами. Ни тантал, ни даже цирконий, не говоря уже о редких землях и стронции, не имеют практического значения. Содержание Nb_2O_5 колеблется от 0,1 до нескольких десятых долей процента, а запасы от 100 до 800 тыс. т.

Карбонатиты щелочных сиенитов. К этой формации относятся знаменитые месторождения Маунтин-Пасс в США, Нам-Се во Вьетнаме, Баян-Обо в КНР, Карасуг в России (всего около 30 месторождений). Месторождения генетически связаны со сложными приповерхностными плутоническими и вулканоплутоническими или гипабиссальными комплексами щелочных и субщелочных пород, среди интрузивных представителей которых наиболее обычны щелочные сиениты. Именно в эндо- или экзоконтакте последних и залегают рудные тела. Наиболее крупные месторождения располагаются за пределами древних платформ на докембрийских срединных массивах. Рудные тела имеют штокообразную, цилиндрическую, линзовидную или неправильную форму, протяженность от сотен метров до первых километров, чаще крутое залегание. Возраст материнских сиенитов — от протерозоя до неогена.

Основные полезные минералы карбонатитов: флюорит, барит, минералы железа (магнетит, титаномagnetит, сидерит, гематит), фторкарбонаты (бастнезит, паризит), фосфаты (монацит, редкоземельный апатит), силикофосфаты (бритолит) и силикаты редкоземельных элементов (чевкинит), баритоцелестин, целестин, стронциат. Из нерудных карбонатов наиболее обычны анкерит, доломит, низкотемпературный кальцит. В некоторых месторождениях развиты ранние безрудные кальцитовые карбонатиты.

Д.О.Онтюев [8] различает две группы месторождений — близповерхностные и гипабиссальные. Близповерхностные месторождения содержат руды пяти минеральных типов: флюорит-барит-бастнезит-гематитовый (Салмон-Бей, США); флюорит-баритоцелестин-бастнезит-сидеритовый (Ондурокоруме и Калькфельд, Южная Африка); флюорит-барит-бастнезит-кальцитовый (Маунтин-Пасс, США); флюорит-бастнезит-кальцит-стронцианитовый (Канганкунде, Южная Африка); флюорит-бастнезит-целестинитовый с TR-апатитом и титаномagnetитом (Мушугай-Худук, МНР). В гипабиссальной группе месторождений различаются два минеральных типа руд: доломит-бастнезит-гематит-магнетитовый (Баян-

Обо, КНР) и TR-апатит-магнетитовый (Кассипотам-Хилл, Индия).

Формационная принадлежность месторождений дискуссионна. Поскольку для поздних стадий даже классических карбонатитов щелочно-ультраосновных массивов весьма характерна бариево-стронциевая и редкоземельная минерализация в форме карбонатов или сульфатов, а также флюорит, сульфиды меди, свинца и цинка, оксиды железа при практическом отсутствии тантала, циркония, ниобия (типичных элементов ранних стадий карбонатитового процесса), многие исследователи относили карбонатные месторождения описываемой формации к карбонатитам щелочно-ультраосновных массивов [3, 5].

Относительно низкая температура кристаллизации (менее $500^{\circ}C$) и гидротермальная природа основной массы образований привели ряд исследователей к мысли о том, что эти месторождения являются продуктом гидротермального процесса [7, 8]. Однако поразительное постоянство минерального парагенезиса, геохимии и минерализации всех месторождений данной группы, а также их обязательная пространственная связь с щелочными сиенитами позволяют полагать, что мы имеем дело с карбонатитами, но не щелочно-ультраосновных массивов, а именно щелочных сиенитов.

Наряду с карбонатитами в качестве полных рудных членов формации щелочных сиенитов присутствуют и ее практически бескарбонатные магматогенные члены — жилы Стинкемпскрааль (ЮАР) [6].

Несмотря на чрезвычайное минералогическое разнообразие, прежде всего это месторождения редких земель, причем не любых, а существенно цериевой подгруппы. Сумма La + Ce + Pr + Nd составляет от 85 до 98 % всех лантаноидов. Среднее содержание оксидов редких земель в месторождениях многие проценты. Их запасы на отдельных месторождениях исчисляются многими миллионами и десятками миллионов тонн. Таких концентраций как по содержанию, так и по массе редкие земли не имеют ни в одной другой минералогической формации.

Наряду с цериевыми редкими землями в месторождениях данной формации промышленные концентрации образуют стронций, железо, барит, флюорит. Показательно, как правило, полное отсутствие промышленных концентраций ниобия, тантала и циркония, столь характерных для карбонатитов щелочно-ультраосновных массивов. Исключение составляет месторождение Баян-Обо в КНР, руды которого содержат до 0,1 % Nb_2O_5 за счет пироксена, что гораздо меньше, чем в любых собственно ниобийсодержащих карбонатитах щелочно-ультраосновных массивов.

Карбонатиты кальсилит-псевдолейцит-калишпатовых массивов. Известны в России — Мурунский массив. Из практически

ценных минералов в них установлены чароит, бенстонит, кальсилит и высококалийевый полевой шпат. Промышленных содержаний редких металлов не обнаружено.

В заключение можно отметить следующее.

1. Для карбонатитов каждой формации щелочных массивов характерны определенная форма и размеры тел, условия залегания, свой набор промышленно ценных редких металлов, их максимально возможный уровень концентрации и масштаб оруденения.

2. В карбонатитах щелочно-ультраосновных массивов образуются самые крупные и богатые месторождения ниобия.

3. Уникальные по богатству и масштабам месторождения цериевых редких земель генетически связаны с карбонатитами щелочных сиенитов.

4. К карбонатитам нефелин-калишпатовых («агпайтовых») массивов приурочены комплексные месторождения ниобия, лантаноидов, иттрия и др.

5. Карбонатиты нефелин-альбит-калишпатовых (миаскиловых) массивов и внутриразломные карбонатиты заключают гораздо более бедные и на порядок более мелкие месторождения редких металлов, чем в трех предыдущих типах.

6. Карбонатиты щелочно-основных и кальсилит-псевдолейцит-калишпатовых (сынныритовых) массивов не содержат промышленных концентраций редких металлов, а в кимберлитах, щелочных гранитах и нефелин-альбитовых (мауриполитовых) массивах самостоятельные карбонатитовые тела вообще не известны.

7. Щелочные массивы в десятки и сотни раз крупнее связанных с ними тел карбонатитов, поэтому определение щелочной фор-

мации резко увеличивает поисковую мишень, а установление формационного типа карбонатитов позволяет правильно оценить их редкометалльную специализацию, возможные максимальные масштабы оруденения и его интенсивность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геохимия*, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Т. I, III. — М.: Наука, 1964, 1966.
2. *Главнейшие провинции и формации щелочных пород* / Под ред. Л.С.Бородина. — М.: Наука, 1974.
3. *Капустин Ю.Л.* Минералогия коры выветривания карбонатитов. — М.: Наука, 1973.
4. *Кривцов А.И., Макеева И.Т.* Рудообразующие процессы // Итоги науки и техники. Т. 14. 1984.
5. *Лапин А.В., Толстов А.В.* Месторождения кор выветривания карбонатитов. — М.: Наука, 1995.
6. *Месторождения литофильных редких металлов* / Под ред. Л.Н.Овчинникова, Н.А.Солодова. — М.: Наука, 1980.
7. *Минералогия щелочных массивов и их месторождений* / Е.И.Семенов, Е.М.Еськова, Ю.Л.Капустинская, А.П.Хомяков. — М.: Наука, 1995.
8. *Онтеев Д.О.* Геохимия комплексных редкоземельных месторождений. — М.: Недра, 1984.
9. *Самойлов В.С.* Геохимия карбонатитов. — М.: Наука, 1984.
10. *Солодов Н.А.* Минералогия редкометалльных формаций. — М.: Недра, 1985.
11. *Солодов Н.А., Бурков В.В., Овчинников Л.Н.* Геологический справочник по тяжелым литофильным редким металлам. — М.: Недра, 1987.
12. *Фролов А.А.* Структура и оруденение карбонатитовых массивов. — М.: Недра, 1975.
13. *Хомяков А.Н., Семенов Е.И.* Гидротермальные месторождения фторкарбонатов редких земель. — М.: Наука, 1975.
14. *Шейнман Ю.М., Апелъцин Ф.Р., Нечаева Е.А.* Щелочные интрузии, их размещение и связанная с ними минерализация. — М.: Госгеолтехиздат, 1961.
15. *Энтин А.Р., Зайцев А.И.* и др. О последовательности геологических событий, связанных с внедрением Томторского массива ультраосновных щелочных пород и карбонатитов // Геология и геофизика. 1990. № 2.

УДК 553.0685:001.33

© Коллектив авторов, 1996

Метод генетического анализа строения россыпей

Н.В.ХМЕЛЕВА, О.В.ВИНОГРАДОВА, С.М.СЫСОЕВА, Л.В.МАОРС (МГУ)

В связи с современной ситуацией в золотодобывающей промышленности повышается интерес к локальному прогнозированию относительно небольших по размеру россыпей и отдельных участков россыпей крупных долин, перспективных для доразведки на выявление запасов металла. Повышение рентабельности эксплуатации этих объектов при условии максимального сокращения площади земель, подвергшихся отработке, требует создания как специальной технологической базы по извлечению металла, так и разработки новых методов изучения россыпей, позволяющих глубже познать закономерности их строения. К последним отно-

сится метод генетического анализа строения россыпей, в основе которого лежит реконструкция механизма их формирования и оценка одного из ведущих факторов — руслового потока. Роль последнего в россыпеобразовании пока слабо изучена. В результате отсутствует общая концепция, касающаяся этой проблемы, а также методика, позволяющая систематизировать фактические материалы, полученные при разведке, и использовать их для более детального анализа строения россыпей и усовершенствования методов их разведки и отработки.

Данный метод создан коллективом сотрудников географического факультета

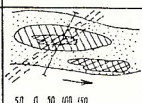
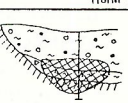
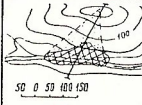
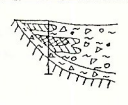
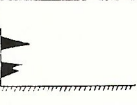
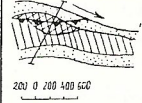
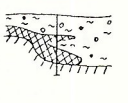
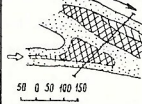
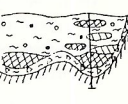
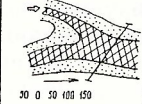
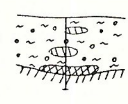
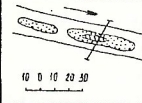
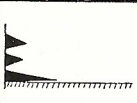
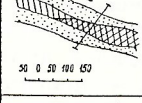
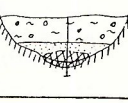
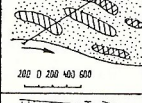
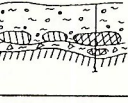
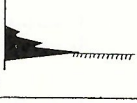
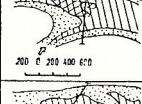
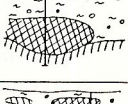
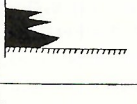
МГУ. Разработка его теоретических основ, начатая в 1963 г. под руководством профессора Н.И.Маккавеева [2], с 1969 г. корректировалась применительно к аллювиальным россыпям золота. В процессе доработки метод апробировался на мелкозалегающих и погребенных россыпях водотоков низких и средних порядков Алданского и Куларского районов республики Саха и Ленского золотоносного района с одновременным решением практических вопросов, возникающих при геологоразведочных работах.

Теоретические основы метода разрабатывались по двум направлениям — экспериментальному и изучению россыпей в природе. Эти направления базируются на одних и тех же теоретических предпосылках, что аллювиальная россыпь является составной частью наносов, формирование которых подчиняется общим закономерностям их транспорта и накопления под влиянием потока. Поскольку наносы формируются под действием экзогенных процессов, протекающих в бассейне россыпесодержащих долин, механизм их образования рассматривается с учетом связей в цепи: коренной источник — поток — россыпь. Впервые эти условия учитывались при разработке метода применительно к ложковым россыпям горного хрестала. По результатам этих работ Н.И.Маккавеевым разработано учение о трех россыпесодержащих комплексах аллювия: привноса, транзита и аккумуляции. Каждый из них характеризуется определенными диагностическими признаками, являющимися следствием особенностей их формирования и позволяющими судить о дальности переноса образующих их частиц от источника поступления. При разработке метода применительно к россыпям золота, минералу, обладающему некоторыми специфическими свойствами, в лаборатории на специальных лотках моделировались особенности дифференциации золота под влиянием потока с привлечением теории наносов и русловых процессов. Большое внимание уделялось особенностям формирования элементарной россыпи и зависимости ее параметров от степени денудации источника.

Результаты этих исследований с их проверкой по натурным россыпям позволили установить признаки комплексов россыпесодержащего аллювия и их параметры, свойственные россыпям золота. К числу параметров, определяющих диагностические признаки этих комплексов, относятся: 1) изменение крупности, формы и сортировки частиц золота по длине россыпи; 2) тип металлоносного пласта и его положение в разрезе аллювия; 3) приуроченность концентраций металла к неровностям потока; 4) изменения обогащенности россыпи. Установленные для россыпей золота три комплекса (привноса, транзита и аккумуляции) занимают по длине водотока различные по протяженности участки россыпей.

В случае, если россыпь формируется водотоком низкого порядка при наличии в верховьях денудированного источника, образующего элементарную россыпь, эти комплексы последовательно сменяют друг друга. С увеличением порядка водотока комплекс привноса может образоваться на любом участке россыпи в зависимости от положения источника в долине или на склонах ее бассейна. Образование комплексов транзита и аккумуляции, связанное с русловой деятельностью потока, зависит от геолого-геоморфологических условий, типа потока и его гидродинамического режима. Следствием изменения гидродинамических условий, определяемых по морфологии коренного ложа потока, является образование в составе аллювия ассоциаций частиц тяжелых минералов, в т.ч. и золота. Эти ассоциации, названные нами генетическими концентрациями, характеризуются различной морфологической выраженностью, распределением частиц в плане, соотношением их крупности, типом распределения в разрезе аллювия и т.д. На основании изучения особенностей распределения золота в россыпях речных долин разных порядков исследованных районов нами разработана классификация генетических типов концентраций [5] (рис. 1). Их диагностические признаки определяются по данным разведочной документации. В комплекс привноса входят две группы концентраций: А — первичные, возникающие в результате разрушения рудопоявлений в днище долин или на их склонах, представленные практически необработанными частицами золота; Б — вторичные, образованные частицами, претерпевшими обработку в потоке и утратившими связи с коренными источниками. В группу А входят концентрации плотикового привноса I_1 , образующиеся при размыве рудопоявлений в днище долины, и склоновый привнос I_2 , формирующийся при поступлении частиц со склонов в составе склонового материала (делювия, солифлюкционных отложений и т.д.). Концентрации группы Б включают концентрацию переважающего металлоносного аллювия древних террас I_3 , образованную в процессе подмыва бортов долины при планировке потока, концентрации выносов притоков I_4 . Разнообразие форм концентраций, созданных выносами притоков, в зависимости от сочетания таких параметров сливающихся водотоков, как водность, порядок и углы подхода, учтены в специально разработанной классификации [3]. На рис. 1 представлены два наиболее распространенных случая.

Комплекс транзита включает концентрации металла, формирующиеся в долинах водотоков с различными типами русел. Входящая в его состав концентрация вершинной струи II_1 занимает промежуточное положение между комплексом концентраций привноса и описываемым. Хотя образующий ее

ТИП КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАЛЛА		РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛА В ПЛАНЕ (ПО СХЕМЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЗАПАСОВ)	ПОЛОЖЕНИЕ МЕТАЛЛОНОСИТЕЛЬНОГО ПЛАСТА В ПОПЕРЕЧНОМ РАЗРЕЗЕ И ЕГО ХАРАК- ТЕРИСТИКА (ПО ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧ- НЫМ РАЗРЕЗАМ)	ЭПИЮРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛА В ВЕРТИКАЛЬНОМ РАЗ- РЕЗЕ АЛЛЮВИЯ	ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОЛОТА: КРУПНОСТЬ ОКА- ТАНОСТЬ, СОРТИРОВАН- НОСТЬ
I. КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИВНУСА	1 ПЛОТНОВЫЙ	 50 0 50 100 150			УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ПРОЦЕНТ КРУПНЫХ ЧАСТИЦ, ЗОЛОТО НЕОКАТАННОЕ, СОРТИРОВАННОСТЬ ПЛОХАЯ
	2 СКЛОНОВЫЙ	 50 0 50 100 150			
	3 ПЕРЕВЫВА ТЕРАСЫ	 200 0 200 400 600			ПРЕОБЛАДАЮТ ЗАСТИЛЫ СРЕДНЕЙ КРУПНОСТИ, ЗЕЛОТО СКАТАННОЕ, СОРТИРОВАННОСТЬ ХОРОШАЯ
	4 ПРИТОКА ИЛИ ВОЗЛУЖИЩА ЧАСТИ ПРОДАВНОГО ПРОФИЛЯ ОСНОВАНОЙ ДОЛИНЫ	 50 0 50 100 150			КАК ПРАВИЛО УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ПРОЦЕНТ КРУПНЫХ ЧАСТИЦ, ЗОЛОТО ОКАТАННОЕ, СОРТИРОВАННОСТЬ СРЕДНЯЯ
II. КОНЦЕНТРАЦИИ ТРАНЗИТА	1 ВЕРШНЯЯ СТРУЯ	 10 0 10 20 30			УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ПРОЦЕНТ КРУПНЫХ ЧАСТИЦ, ЗОЛОТО НЕОКАТАННОЕ, СОРТИРОВАННОСТЬ ПЛОХАЯ
	2 ОДНОРУКАВНЫХ РУСЕЛ	 50 0 50 100 150			ПРЕОБЛАДАЮТ ЗОЛОТИЩА СРЕДНЕЙ КРУПНОСТИ, ОКАТАНОСТЬ И СОРТИРОВАННОСТЬ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ВМЕСТЕ С ТЕЧЕНИЕМ
	3 МНОГООРУКАВНЫХ И СЛУЖАЮЩИХ РУСЕЛ	 200 0 200 400 600			
III. КОНЦЕНТРАЦИИ АККУМУЛЯЦИИ	1 ВНУТРЕННЕЙ ДЕЛЬТЫ	 200 0 200 400 600			ПРЕОБЛАДАЮТ ЗАСТИЛЫ СРЕДНЕЙ КРУПНОСТИ, ОКАТАНОСТЬ ХОРОШАЯ И СРЕДНЯЯ, СОРТИРОВАННОСТЬ ПЛОХАЯ
	2 НА ОПУСКАЮ- ЩЕЙСЯ УЧА- СТКАХ ДОЛИНЫ	 200 0 200 400 600			ПРЕОБЛАДАЕТ МЯГКОЕ ЗОЛОТО, ОКАТАНОСТЬ И СОРТИРОВАННОСТЬ ХОРОШАЯ

а б в



1

а б в



2

а б в



3

а б в



4

а б в



5

а б в



6

а б в



7

а б в



8

а б в



9

а б в



10

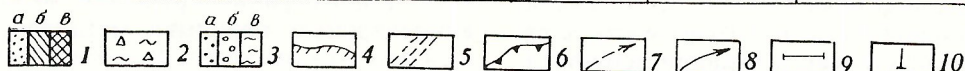


Рис. 1. Типы основных генетических концентраций золота и их диагностические признаки:

1 — содержание металла в россыпи (а — незначительное, б — промышленное, в — ураганное); 2 — элювий (щебень коренных пород); 3 — аллювий (а — галька кварца, б — галька других пород, в — заполнитель); 4 — коренные породы; 5 — зоны дробления коренных пород; 6 — бровки террас; 7 — линии тока; 8 — направление течения; 9 — разведочная линия; 10 — разведочная скважина

металл слабо переработан потоком, ее морфология (струйчатая форма) и характер распределения частиц золота в аллювии позволяют считать ее русловой. Наиболее распространенными в комплексе транзита являются концентрации, формирующиеся в зонах активного транспорта наносов. В зависимости от типа русла выделяются концентрация стрежневой струи, образующаяся в русле в зоне наибольших скоростей

течения потока, бортовые концентрации II₂, формирование которых происходит в условиях резкого снижения скоростей течения при выходе потока на пойму. В эту же группу русловых концентраций входят концентрации многокучных и блуждающих русел II₃. Эти типы концентраций вниз по течению обедняются, разубоживаются и, если не происходит подпитки россыпи, постепенно переходят в хвостовые концентрации.

Последние характеризуются рассеянным типом распределения как в плане, так и в разрезе аллювия, низкими содержаниями металла (на рис. 1 этот тип концентраций не приведен вследствие его низкой практической ценности).

Концентрации комплекса аккумуляции образуются на участках резкого снижения уклонов продольного профиля и скоростей потока, сопровождающихся накоплением аллювия и частиц золота. Этот процесс протекает на относительно больших по длине участках долин и связан с повышением базиса эрозии III₂, на локальных участках за счет гидродинамического подпора, определяющего накопление аллювия. Таков генезис концентрации внутренней дельты III₁, формирующейся в основной долине на участке, расположенном выше устья впадающего притока, на котором вследствие подпора уровней воды в условиях снижения скоростей основного потока происходит локальная аккумуляция наносов. Аналогичен и механизм формирования концентраций в устьевых участках притоков, испытывающих подпор со стороны приемной реки.

Аллювиальные россыпи и русловой процесс. Формирующие россыпи водотоки долин низких и средних порядков по русловому режиму отнесены к двум типам: горным и полугорным. С первым связаны три подтипа русел: порожиисто-водопадный, горный с неразвитыми и горный с развитыми русловыми формами. Порожиисто-водопадный и горный с неразвитыми русловыми формами характеризуются неустойчивым бурным течением. Их роль в формировании россыпей относительно незначительна. В водотоках I—II порядков при уклонах, превышающих 0,06—0,08, в этих типах русел россыпи не образуются [1, 4]. Накопление частиц золота в некоторых случаях возможно в виде отдельных гнезд.

В горных водотоках с неразвитыми аллювиальными формами II—III порядков, уклоны которых ниже 0,06—0,08, в скальных породах образуются скульптурные формы русел. Их набор невелик и включает эрозионные борозды — «тальвеги», соответствующие положению стрежневых струй потока, в которых формируются стрежневые концентрации, и узкие прибортовые участки с соответственной концентрацией металла (прибортовая). Металлоносный пласт слабо выражен, включает отдельные гнезда повышенных содержаний металла.

По водотокам низких порядков с описанным типом русел в целом наблюдаются неблагоприятные условия для формирования россыпей. Чаше они, особенно водотоки I—II порядков, служат металлоподводящими каналами, по которым осуществляется транспорт золота от денудированных в их бассейнах источников в нижерасположенные звенья гидросети. Их роль велика при поисках коренных источников. Этому спо-

собствуют четкие признаки концентраций привноса, которые достаточно легко здесь устанавливаются.

В горных водотоках с развитыми русловыми формами III—IV порядков уклоны продольного профиля уменьшаются, как правило, от сотых до тысячных. Помимо прямолинейной формы русла, свойственной первым двум типам, отмечаются участки с меандрирующим типом. В последнем усложняются и формы, выработанные руслом в скальных породах. Здесь, наряду с «тальвегами» появляются выработанные в скальных породах понижения (западины) и повышения, подобные перекатам и плёсам равнинных рек. Эти неровности ложа потока определяют изменения скоростей течения и его глубину и, таким образом, контролируют локальную дифференциацию наносов, в т.ч. и золота. Результатом этого является образование специфических концентраций западин и повышений скального ложа. Концентрации привноса четко выделяются в аллювии, ниже по течению от участков привноса формируются элементарные россыпи различной длины. Россыпи относительно узкие и прямолинейные, на участках меандрирования потока их форма повторяет контуры излучин, нередко со спрямлением в их шпорах. Эти россыпи преобладают по количеству, их обогащенность возрастает по сравнению с первым типом, но роль их, как промышленных объектов, тоже невелика.

Специфика формирования россыпей водотоков полугорного типа IV—VI порядков (реже более высоких) определяется более спокойным режимом, возрастанием роли притоков в подпитке металлом основной россыпи, более длительной историей развития долин. При благоприятных предпосылках коренной металлоносности может образоваться россыпное месторождение, включающее комплекс россыпей (поймы и террас). Длина россыпей достигает нескольких десятков километров. В изменении типов русел часто прослеживается зональность — от врезанных прямолинейных в верховьях до меандрирующих и аккумулирующих многорукавных ниже по течению. Она нарушается по длине водотока под влиянием тектонических структур, литологических особенностей прорезаемых потоком пород, впадением притоков и т.д. Так, прямолинейные отрезки русел могут сформироваться в среднем и нижнем течении рек при смене легкоразмываемых пород более твердыми. Участки с меандрирующим типом русла тяготеют к зонам трещиноватости, врезанные меандры — к локальным структурам с положительным знаком и т.п. Для этого типа водотоков характерно преобладание русловых транзитных концентраций, морфология и механизм формирования которых связаны с формами русла. Вследствие меняющихся предпосылок руслообразования здесь велик набор концентраций разно-

го генезиса от подтипов комплекса привноса до комплекса транзита и аккумуляции. Вследствие относительно больших размеров русловых форм этому типу водотоков свойственно формирование более мощного горизонта аллювия. В их долинах создаются наиболее благоприятные условия для россыпеобразования. Полугорным долинам принадлежит ведущая роль в запасах металла, хотя число россыпей в них по отдельным районам невелико.

Методика исследований. В соответствии с теоретическими основами метода разработана методика его применения, своеобразие которой заключается в том, что она базируется на использовании материалов геологической документации, получаемых на разных стадиях геологоразведочных работ. Эти данные являются существенными, а иногда единственным (для погребенных долин) источником информации о строении россыпи. В связи с этим важно извлечь максимальную информацию, позволяющую судить о механизме россыпеобразования и генезисе тех или иных участков россыпей. Такова цель разработанной методики. Хотя данные геологоразведочной документации являются одним из важнейших элементов, на которых базируется методика, их собирают и систематизируют одновременно с изучением и использованием всех материалов работ, проведенных исследований, касающихся геолого-геоморфологических особенностей района. Эти результаты обычно обобщены в региональных отчетах либо в научной литературе. Для проведения методики необходим блок информации, включающий три группы материалов: первичные данные, полученные при поисково-разведочных работах — геологические разрезы с комплексом сведений, которые обычно содержатся в экспликации к ним и характеризуют такие параметры россыпи, как обогащенность, мощность пласта, гипсометрические отметки устьев скважин; геологоразведочные планы масштаба 1:2000 или 1:5000 с соответствующей нагрузкой на них (разведочные линии, скважины); данные ситовых анализов о гранулометрическом составе золота, сведения о морфологии, окатанности, пробыности золота, наличии самородков и т.д. На стадии эксплуатации россыпей эти материалы дополняются планами горных выработок с данными опробования.

Вторая группа объединяет схемы, графики и другие материалы, обобщающие данные первой группы, обычно представленные стандартными иллюстрациями к геологическим отчетам в виде приложений о результатах исследований, выполненных на разных стадиях изучения россыпей государственными геологическими организациями. Этот комплекс включает стандартные иллюстрации к отчетам. К ним относятся продольные профили россыпей, карты вертикальных запасов, рельефа плотика и другие материалы.

В третью группу входят схемы и планы, которые иногда имеются в материалах второй группы, а при их отсутствии составляются специально с использованием данных двух первых групп. Речь идет о схемах или картах морфоструктурного строения исследуемой территории и реконструированного рельефа коренных пород. Эти карты и схемы, составленные ранее при поисковых и поисково-оценочных работах в масштабе 1:50 000 или 1:100 000 уточняются или составляются в более крупном масштабе. Последнее связано с необходимостью получения более детальных сведений о строении отдельных бассейнов россыпесодержащих долин. Их роль особенно велика при анализе бассейнов водотоков, россыпи которых погребены под мощной толщей рыхлых отложений, особенно для случая, когда современная и погребенная гидросеть не совпадают. Морфоструктурные схемы, позволяющие выявить сохранность и условия залегания россыпей на основании их позиции в различных тектонических условиях составляются по общепринятым принципам в масштабе 1:50 000 или 1:25 000. При составлении карты рельефа коренных пород используются разведочные линии, особенно поисковые, имеющие, как правило, большую протяженность и выходящие на борта погребенных долин, линии ВЭЗ, результаты геофизических исследований и т.д. По этим данным проводится реконструкция погребенных долин и их элементов — днищ, эрозионных уровней и палеорельефа коренных пород междуречий россыпесодержащих долин. Даже в случае их редкой сети, не позволяющей детально отразить этот рельеф на карте, важно хотя бы ориентировочно наметить положение палеоводоразделов и склонов долин. По таким схемам, в случае наличия сведений о предполагаемых или известных источниках, можно судить о путях транспорта и участках поступления металла в долину. В некоторых случаях по рисунку горизонталей погребенного рельефа удается выявить устья и фрагменты долин погребенных притоков. Эту карту дополняет детальная палеогеоморфологическая схема реконструированного рельефа днища долин в более крупном масштабе 1:5 000 или 1:10 000, часто являющаяся основой генетической схемы. На ней более детально изображены основные элементы днищ: погребенные тальвеги, пойменно-русловое днище, террасы и мелкие скульптурные русловые формы: западины, эрозионные борозды, цоколи островов и т.д. Такие схемы, в отличие от традиционно применяющихся при обобщении геологоразведочных работ карт рельефа плотика россыпей, составленных в изогипсах, дают более объективную информацию об условиях россыпеобразования и особенностях проявления руслового процесса на том или ином участке долины.

Генетический анализ строения россыпей. Цель анализа — определение структуры россыпей и генезиса отдельных концентраций, ее образующих, на основании представлений о механизме их формирования. Определение генезиса концентраций основано на анализе взаимосвязей между отдельными параметрами россыпей на том или ином участке долины (обогащенность, мощность пласта, морфологическая выраженность в плане, крупность, пробность) и условиями их формирования. Для определения генезиса концентраций используется таблица их диагностических признаков. При анализе структуры россыпи важно прежде всего выделить зоны привноса, ниже которых формируются различные виды русловых концентраций. Оценка роли источника в питании россыпей и создания концентраций возможна в двух вариантах. В случае известных источников участки поступления металла определяются по линиям тока, расположенным перпендикулярно горизонталям и показывающим пути перемещения склонового материала. По погребенным россыпям, когда сведения о коренных источниках часто отсутствуют, результаты анализа строения россыпей на основании выделенных в них концентраций привноса могут служить ориентиром для локализации коренных источников в их бассейнах и, таким образом, решается обратная задача.

При выявлении структуры россыпей, т.е. их генетического строения, выделяются два момента: 1) определение в них участков неоднородных по степени обогащения и характеру распределения металла и 2) реконструкция условий формирования россыпей на этих участках. В первом случае привлекаются все материалы второй группы, по которым анализируются особенности распределения металла по длине и ширине россыпи. Их изменения анализируются по особенностям распределения содержания металла по проходкам скважин разведочных линий, графикам изменения линейных запасов, данным о средних содержаниях и вертикальных запасах и т.п. В результате этой операции намечаются границы участков с нарастанием обогащенности, разубоживания и перерыва россыпей. Они расцениваются как предполагаемые границы элементарных россыпей. Принцип определения генезиса неоднородных участков, выделенных в их пределах, основан на сопоставлении факторов, определяющих механизм формирования россыпи на данном участке с их диагностическими признаками. Условия, определившие механизм формирования концентраций золота на том или ином участке долины, мысленно реконструируются по палеогеоморфологическим схемам, на основе анализа общей геолого-геоморфологической ситуации по морфоструктурным схемам и картам рельефа коренных пород бассейна. В качестве показателя гидродинами-

ческих условий используются такие характеристики, как тип русла, уклоны продольного профиля, положение участка выше или ниже впадения притока, формы рельефа плотика. Особое внимание уделяется участкам впадения притоков, ниже которых, в случае их металлоносности, в структуре россыпи выделяются элементарные россыпи. В случае погребенных россыпей нередко по изменению параметров металлоносности и морфологии концентраций на отдельных участках можно прогнозировать положение устьевых зон погребенных притоков. Генетический анализ россыпей долин средних порядков в случае наличия россыпей на террасах проводится на каждой из них на участках, вскрытых разведкой.

Результат анализа структуры россыпей — генетическая схема, которая составляется при его проведении. Ее основой служат разведочные планы с отрисованным на них погребенным рельефом долин (палеогеоморфологическая схема). На схеме по разработанной легенде специальными знаками обозначают генезис концентраций, оконтуривание которых в виде гнезд, струй и полей проводится с учетом морфологии погребенного рельефа. Один из разделов легенды включает практические рекомендации (недоразведанные участки россыпи, рекомендуемые разведочные линии), которые являются основной целью анализа. Фрагменты генетических схем представлены на рис. 2, где изображено строение погребенных россыпей в долинах разных порядков. Генетическое строение россыпей усложняется при возрастании порядка водотока. Так, по притоку I порядка (см. рис. 2, А) россыпь представлена вершинной струей, переходящей в стрежневую концентрацию, которая на участке его впадения переходит в концентрацию аккумуляции. На рис. 2, Б анализируется участок среднего течения долины II—III порядков и выявленные в результате генетического анализа устья впадающих с обоих бортов палеодолины палеопритоков. Основным типом концентраций здесь является стрежневая струя с участками относительного обеднения и обогащения. Последние наблюдаются в расширении днища и в приустьевом участке. Выявление зоны склонового привноса на левом борту, металлоносность соседнего притока позволяют прогнозировать продолжение его россыпи выше по течению. На основании этого здесь рекомендуется пробурить разведочную линию. Реконструированный участок палеодолины V порядка (см. рис. 2, В), перекрытый рыхлыми отложениями мощностью 30—50 м, дает представление о многообразии генетических концентраций металла, свойственных россыпям этих долин. Строение россыпи днища и выявленной террасы свидетельствует, что питание россыпи здесь происходит не только за счет металла, транзит которого осуществляется с вышераспо-

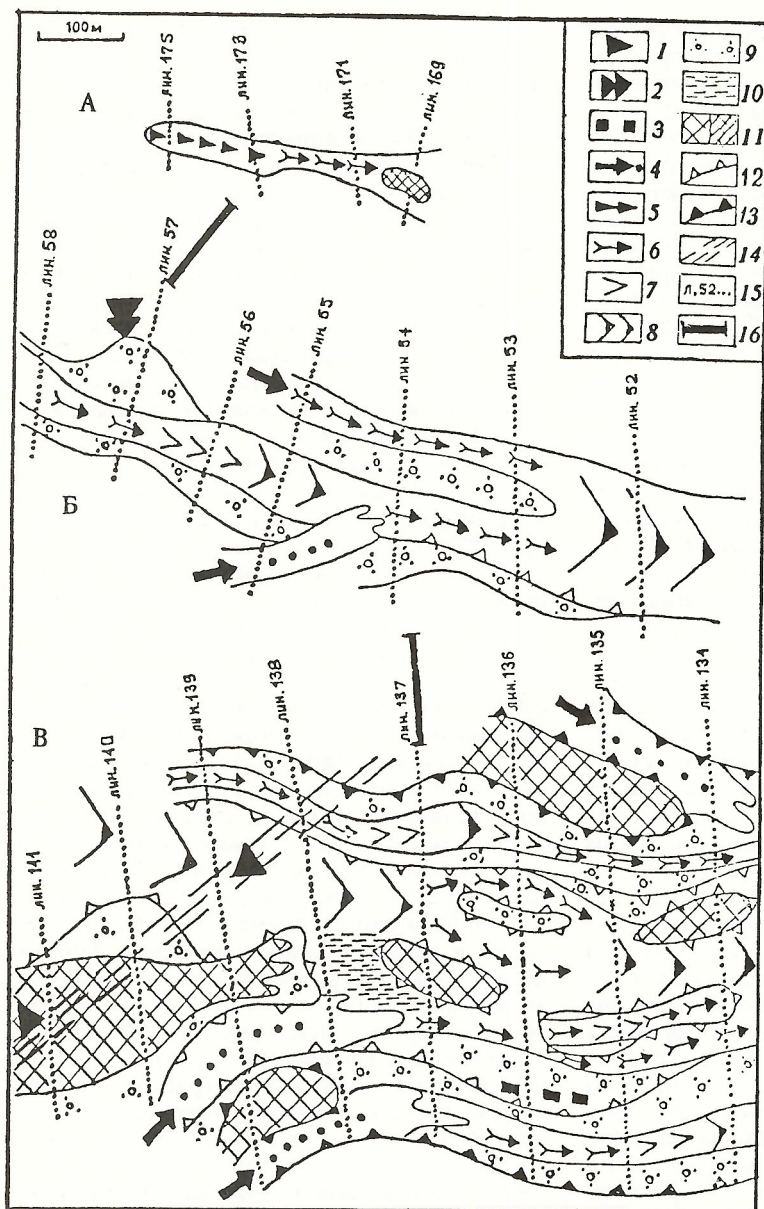


Рис. 2. Фрагменты генетических схем россыпей, сформированных в погребенных долинах разных порядков:

генетические концентрации привноса металла в россыпи: 1 — плотиковый, 2 — склоновый, 3 — перебива террас, 4 — выносы металла притоками; концентрации транзита: 5 — вершинная струя, 6 — стрежневая струя, 7 — обеднение россыпи в сужениях дна, 8 — обогащение россыпи в расширениях дна; 9 — прибортовые концентрации и межструйные, 10 — участки разубоживания стрежневых струй, 11 — концентрации аккумуляции металла (а — на террасах, б — на конусах выноса); бровки погребенных уровней высотой, м: 12 — 3—5, 13 — 5—7; 14 — зоны тектонических нарушений; 15 — разведочные линии и их номера; 16 — разведочные линии, проектируемые по результатам генетического анализа

ложенного участка, но и из локальных зон привноса. Так, россыпь, расположенная на I террасе, подпитывалась плотиковым привносом, приуроченным к зоне тектонического нарушения. Вторым источником ее подпитки служили два палеопритока, один из которых реконструирован впервые на основании генетического анализа. Выносы левого притока сформировали обогащенную концентрацию на поверхности I террасы. В результате подмыва уступа террасы на участке лин. 138—135 ниже по течению в правом борту долины прослеживается стрежневая концентрация. Развитие гнездового типа распределения металла на участках дна и фрагментах террас ниже по течению — показатель того, что россыпь здесь сформирована многорукавным типом русла. Участок выше по течению от лин. 137—135 оказался неразведанным, хотя

здесь могла сформироваться россыпь со значительной металлоносностью. Рекомендовано провести доразведку этого участка.

Заложенные в основе метода принципы, касающиеся связи между порядком водотока, его русловым режимом и генетическими концентрациями металла, определяющими структуру россыпи, с учетом механизма дифференциации золота по крупности позволяют решать вопросы, связанные с поисково-разведочными работами. Их возможности определяются степенью разведанности россыпи. Так, на стадии поиска можно прогнозировать набор концентраций и последовательность их смены, т.е. распределение обогащенности по длине долины. На разведанных россыпях, особенно в старопромышленных районах метод повышает эффективность ревизионных работ для получения прироста запасов при пересчете

кондиций. На основании выделенных концентраций при его применении можно более точно оконтуривать наиболее обогащенные металлом площади блоков подсчета запасов и исключать из них пустые, нерентабельные для отработки участки.

Особенно перспективно применение метода при поисково-разведочных работах на россыпях. Здесь он способствует проведению обоснованной увязки данных о содержании металла. По погребенным россыпям, характеризующимся сложными геоморфологическими условиями залегания металлоносных пластов на разных эрозионных уровнях, метод позволяет прогнозировать их гипсометрическое положение на неразведанных участках, местоположение устьев палеопритоков и возможную их металлоносности.

По мелкозалегающим и погребенным россыпям, в случае выявленных коренных источников, на основании анализа структуры россыпи и выделения в ней концентраций склонового и плотикового привносов, особенно по водотокам низких порядков, решаются задачи относительно их местоположения в бассейне разведанной долины [6].

На основании учета генетического строения россыпи на отдельных ее участках можно рекомендовать более рациональное заложение разведочной сети, протяженность,

ориентировку линий и густоту скважин, что способствует сокращению площадей земель, отчуждаемых под отработку и повышению эффективности геологоразведочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградова О.В.* Особенности распределения полезного компонента в россыпях водотоков низких порядков в зависимости от типов русел // *Геоморфология*. 1978. № 1. С. 28—33.
2. *Маккавеев Н.И., Хмелева Н.В., Калинин А.М.* Анализ вещественного состава ложковых россыпей пьезокварца для прогноза их коренных источников // *Поисковая геоморфология. Вопросы географии*. 1973. Вып. 92. С. 143—154.
3. *Маорс Л.В.* Структура речной сети и связанные с ней особенности строения россыпей тяжелых минералов: Автореф. дис. ...канд. геогр. наук. — М.; 1993.
4. *Тищенко Е.И.* К вопросу о переносе золота русловыми потоками // *Вестник научной информации Забайкальского филиала Геогр. общества СССР*. 1966. № 6. С. 64—72.
5. *Хмелева Н.В., Виноградова О.В., Маорс Л.В.* Генетические комплексы россыпесодержащего аллювия и их морфогенез // *Эрозия почв и русловые процессы*. 1983. Вып. 9. С. 110—118.
6. *Хмелева Н.В., Сысоева С.М., Виноградова О.В.* Использование детального картографирования при изучении россыпей // *Геоморфологическое картографирование для народнохозяйственных целей*. М., 1987. С. 75—80.
7. *Экспериментальная геоморфология*. Вып. 3. — М.: Изд-во МГУ, 1978.

Принята редколлегией 30 октября 1995 г.

Литология, петрология, минералогия, геохимия

УДК 553.8

© А.П.Акимов, 1996

Уникальный российский ювелирно-поделочный камень чароит

А.П.АКИМОВ (АО «ВНИИзарубежгеология»)

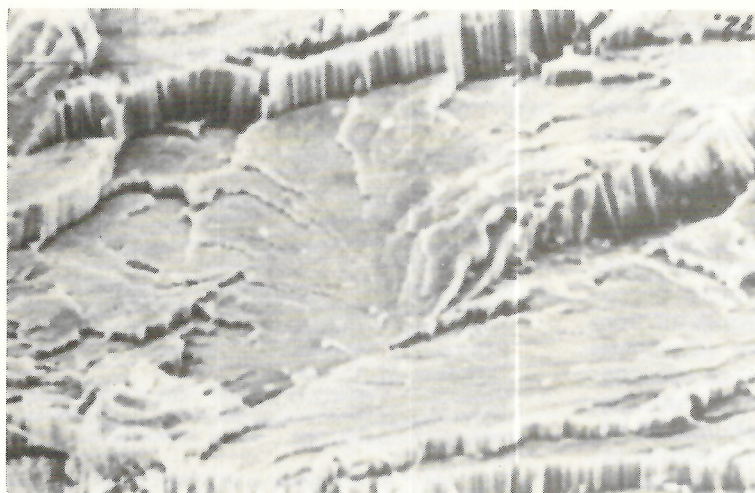
Чароит — не имеющий аналогов вид жада, необычного для минеральной природы ярко-фиолетового цвета разных тонов и оттенков. Уникальное месторождение этого камня известно только в России. По классификации Е.Я.Киевленко (1981) относится к ювелирно-поделочным камням первого порядка, используемым при производстве камнерезных и ювелирных изделий. Область применения камня только определяется и, судя по всему, обещает быть чрезвычайно перспективной. В самом деле, по разнообразию текстурного рисунка и другим эстетическим качествам его можно сравнить разве только с малахитом, от которого он выгодно отличается высокой твердостью, вязкостью.

Поражающее воображение сочетание цветowych рисунков с эффектом иризации, нефритоподобная вязкость и твердость, зеркальная полируемость и другие качества обусловили быстрое завоевание чароитом популярности на мировом рынке. В 1985 г.

стоимость его высших сортов в США составила: в пластинах 3×3×0,2 дюйма — 20 долл., 5×5×0,25 дюйма — 40 долл.; в кабошонах 30×40 мм — 35 долл., 18×13 мм — 10 долл.; в шарах диаметром 58 мм по 400 долл. за одну штуку. Такие же изделия первого сорта стоили вдвое дешевле, а отдельные кабошоны из чароита в рекламных проспектах сравниваются по эстетическим свойствам с хризоберилловым «кошачьим глазом». Резкая градация цен на чароит разных сортов и особенно изделий не случайна. Она зависит от индивидуальных, часто неповторимых декоративных и технологических качеств добываемой породы и определяется в первую очередь анизотропностью минерального состава и сложения.

Уместно напомнить, что в настоящее время при различных геологических построениях необходимо разграничивать понятия: чароит — новый минерал, имеющий большое научное значение; чароитит как юве-

а



б

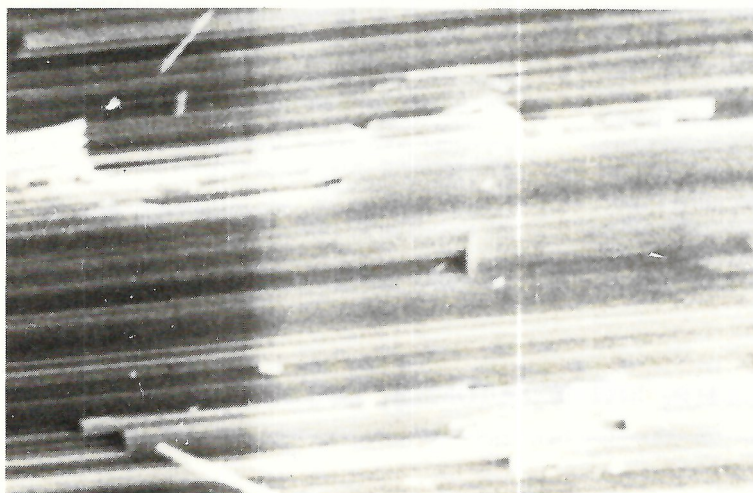


Рис. 1. Электронная микроскопия псевдомонокристалла чароита, по М.Д.Евдокимову:

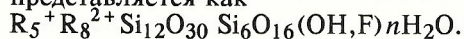
а — поверхность псевдофиброкристалла поперек удлинения « N_p », $\times 1400$; б — боковая грань, выколка по спайности « N_p », $\times 4000$

лирно-поделочный камень, не всегда содержащий новый минерал; чароитоносный фенит — вязкая порода, являющаяся объектом разведки и пробной добычи на месторождении. Утверждающееся отождествление этих понятий в многочисленных публикациях приводит ко все большему противоречию в понимании генезиса, способов прогнозирования и разведки, сортировки и ценообразования.

Чароит — новый минерал из группы волластоноидов с еще не до конца расшифрованными суперструктурой и составом. Выявлен В.П.Роговой в 1977 г. в канаситсодержащих фенитах останца кровли Маломуринского сиенитового массива (Западный Алдан). В 1978 г. этот сложный и необычный водно-щелочной фторсиликат кальция, бария, стронция утвержден международной комиссией по новым минералам. В связи с довольно значительными для новых минералов скоплениями и высокими декоративно-прикладными качествами пород, в которые чароит входит как главный компонент, он изучается во многих научных центрах нашей страны и за рубежом.

Чароит собственных видимых невооружен-

ным глазом индивидов не образует, всегда находясь в тесном и тонком срастании с другими минералами близкой структуры. Поэтому отобрать чистый материал для исследований не удастся и кристаллохимическая формула чароита весьма условно рассчитывается на ячейки других, находящихся с ним в тесной связи пироксеноидов — канасита, тинаксита, мизерита. По К.А.Лазебнику (1985), его формула в общем виде представляется как



При этом отмечается, что содержание фтора настолько велико, что вся группа H_2O^+ может рассматриваться как цеолитовая, а радикал Si_6O_{16} как представитель возможных многорядных кремнекислородных лент в силикатах с крупными анионами. Наибольшее кристаллографическое сродство чароит обнаруживает, вероятно, с мизеритом. В настоящее время такие кристалломорфологические характеристики чароита как моноклинные сингония, наличие спайности не могут считаться доказанными. Природа окраски чароита предположительно связывается с примесными ионами Mn^{3+} , находящимися в искаженной шестерной ко-

1. Сравнительная характеристика физических свойств минералов, составляющих чароититовые агрегаты в псевдомономинеральных обособлениях

Свойства	Чароит	Канасит	Мизерит	Карбонат	Тинаксит
Морфология индивидов	Иголки 0,02—0,5 мм с четкими очертаниями	Уплощенные иголки с четкими очертаниями	Изогнутые и сповидные иголки с нечеткими очертаниями	Иголки, иногда друзиты из них	Тонкие игольчатые призмы
Цвет в макровыделениях	Фиолетовый разных оттенков, плеохроизм	Серый до стального	Розовый, оранжево-бурый	Буроватый, белый, кремовый	Золотисто-оранжевый
Плотность, г/см ³	2,54 (Рогова), 2,53—2,7 (Лазебник)	2,58 (Рогова), 2,7 (Дорфман)	2,92 (Соколова), 2,78—2,93 (Дусматов)	3,4—3,6 (Борисов)	2,82 (Рогова), 2,9 (Соколова)
2V	28—30° (Рогова), 76—80° (Лазебник)	72° (Рогова), 58° (Дорфман)	65° (Соколова), 60—78° (Рудницкая)	—	74—78° (Рогова), 68—70° (Соколова)
N _p	1,56 (Рогова)	1,54 (Дорфман)	1,59 (1,58—1,63) (Дорфман)	1,69	—
N _g	1,55	1,53	1,58 (1,595)	1,52	—
N _m	0,01	0,06 (Рогова), 0,009 (Дорфман)	0,01	0,163	—
Другие оптические свойства	Двуосный положительный	Двуосный отрицательный	Положительный	—	—
Погасание	Прямое, редко 5°	∠ — 8°	Прямое	—	—

ординации (Л.Л.Никольская, 1976). Плотность 2,5—2,6 зависит от содержания H₂O.

Чароитит — разнотекстурный агрегат фиолетового, розового, сиреневого, голубого, белого, серо-зеленого цвета с переменным содержанием чароита, канасита, мизерита, тинаксита, пектолита, рихтерита и других более редких, но близких по составу и структуре минералов, образующих теснейшие сращения мельчайших иголочек в сплошные вязкие массы в фенитах еще более сложного и переменного состава.

Видимые «мономинеральные» обособления однородной окраски и их «выколки по спайности» под микроскопом, как правило, обнаруживают неоднородное строение и состоят из микрокристаллов, которые при дальнейшем увеличении распадаются на еще более тонкие индивиды. Для них характерна необычайная механическая и химическая прочность, и, по мнению В.И.Степанова (1981), такие кристаллы являются так называемыми «усами» — идеально образованными нитевидными кристаллами, не имеющими нарушений в суперструктуре. Механическая и химическая прочность «усов» обеспечивает при растворении в кислотах и истирании чароитита в ступках появление вместо порошка войлокоподобного агрегата — «асбестовидной ваты» (К.А.Лазебник, 1979). Однако ударная вязкость камня обусловлена не столько прочностью иголочек-«усов», сколько особенностями структурного сращения составляющих агрегаты кристаллитов. Как видно на микрофотографии (рис. 1), поверхность псевдомономинеральных агрегатов не всегда бывает ровной, и чаще всего иголки раз-

ных псевдомономинеральных агрегатов проникают друг в друга.

Среди минеральных индивидов этой «асбестовидной ваты» всегда в переменных количествах устанавливаются 2—3 минерала из группы мизерит, канасит, чароит, пектолит, рихтерит, бенстонит, тинаксит и другие более редкие. Точное соотношение минералов в агрегатах чароититовой ассоциации выявить чрезвычайно трудно в связи с мелкими размерами и близкими оптическими свойствами (табл. 1). Содержание чароита в чароитите составляет по разным оценкам от 0 до 90 % (наиболее часто приводятся цифры 20—70 %); во всяком случае пород, состоящих на 100 % из чароита, пока не отмечено. Размер кристаллических индивидов оценивается по разному, от 0,06×0,5 мм до нескольких микрон. Наиболее уверенные оценки кристалломорфологических индивидов чароита получены только при электронно-микроскопическом изучении (К.А.Лазебник, 1982).

Общепринятая морфогенетическая типизация чароитита не создана. При характеристике морфогенетических типов чароит-содержащих пород чароитит не разделяют от фенитов и исходят из анализа состава, текстурно-структурных признаков и размера зерен (табл. 2). В итоге такого чисто механического сочетания признаков для чароитсодержащих пород выделяется несколько десятков разновидностей, список которых можно при желании удлинять до бесконечности.

Считая, что весь чароитит агрегативен и состоит из мелкоигольчатых индивидов и ограничивая типизацию только соотношением этих индивидов в пределах макровы-

2. Типы агрегатов чароита и их распространенность

Типы	По А.Б.Борисову	По Е.И.Воробьеву с соавторами	По К.А.Лазебник с соавторами	ОСТ 41-117-76	Распространенность, %
Скрытокристаллический	Сливной	Сливной	Мраморовидный	Скрытокристаллический	5
Параллельно-волокнистый	—	Блоковый	Блоковый	—	2
Волокнисто-облагающий	—	—	—	—	25
Спутанно-волокнистый	Спутанно-волокнистый	—	—	—	12
Розетковидный	Радиально-лучистый	Розетковидный	Розетковидный	—	15
Чешуйчато-волокнистый	Чешуйчато-волокнистый	Скорлуповато-слюдистый	Скорлуповато-слюдистый	Чешуйчато-волокнистый	13
Плоичато-волокнистый (сланцеватый, плоичатый)	Рассланцованный	—	Плоичатый	Плоичато-волокнистый	8
Длинностолбчатый	Сноповидный	Длинностолбчатый	Длинностолбчатый	—	3
Чароит-асбест	Чароит-асбест	Чароит-асбест	—	—	—

делений псевдомониминеральных обособлений, нетрудно заметить, что на месторождении отмечаются только четыре разновидности: *сливная* (она же мраморовидная, скрытокристаллическая, «красный нефрит» и т.д. — с беспорядочным расположением индивидов), *пироксенитоподобная* (параллельно-волокнистая, блоковая, пегматоидная — с упорядоченным положением кристаллитов в одном направлении), *амфиболовидная* (радиально-лучистая, розетковидная, шестоватая, сноповидная, веерообразно-волокнистая, пуховая и т.д. — с расходящимися под некоторым углом индивидами), *слюдитоподобная* (сланцевато-чешуйчатая, скорлуповато-слюдистая, чешуйчато-волокнистая и т.д., являющаяся комбинацией параллельно и радиально расходящихся индивидов).

При морфогенетических типизациях обычно исходят из анализа нескольких параметров минерального состава, отражающего физико-химическую обстановку кристаллизации, размера зерен (термодинамика) и текстурно-структурного рисунка, определяющего характер прохождения процессов (скорость, масштабность, тип). Поскольку чароитит состоит из близких по размеру микроиндивидов и формируется при одном физико-химическом процессе, можно предположить, что особенности строения чароитита определяются неоднородностью индивидов в агрегате. Другими словами, незначительная разница в составах основных слагающих агрегат минералов и переменное их количество обуславливают различия в углах соотношения кристаллических индивидов и бластические свойства агрегатов при кристаллизации.

И действительно, крайне редко встречаемые на месторождении мономинеральные обособления розоватого мизерита отмечаются в сливной разновидности, стальено-серого канасита — в амфиболовидной, а белого бенстонита — в пироксенитоподобной. Характерно и то, что отмечаемые в других местах Земли их мономинеральные агрега-

ты обладают такими же свойствами: канасит определяется в радиально-лучистых агрегатах и при истирании дает «войлок» (М.Д.Дорфман, 1959), мизерит чаще обнаруживается в плохо раскристаллизованных агрегатах (С.Шиллер, 1956), а бенстонит выделяется в типичных для карбонатов аллотриоморфнозернистых породах с параллельным расположением индивидов.

Таким образом, можно сделать в качестве рабочей гипотезы следующий вывод. Сливные чароититы сложены агрегатом мизерита, канасита, чароита и бенстонитом с преобладанием мизерита, амфиболовидные являются преимущественно канаситовым агрегатом, пироксенитоподобные — бенстонитовым, слюдитоподобные состоят в основном из чароита.

Подтверждением такой «диагностики» является соотношение парагенных минералов с чароититовой ассоциацией. Так, пектолит наблюдается преимущественно в сливных и мизерититах, волластонит — в канасититах и амфиболовидных, карбонатами обогащены бенстонититовые. Характерно и то, что все четыре текстурных типа не смешиваются в пределах одного тела, лишь изредка комбинируясь в телах с преобладанием одного типа над другим.

Сливная разновидность чароитита (рис. 2) выделяется под различными по целевому назначению наименованиями практически всеми исследователями, хотя на месторождении наименее представлена (не более 2—3 % от других чароититов). Определяется только ей присущими изотропными физическими признаками: макроскопически бесструктурной однородностью сложения, монотонностью окраски, высочайшей, сравнимой с нефритом, ударной вязкостью. Обычно сливные чароититы «чище» других типов по минеральному составу. Из минералов не чароититовой ассоциации визуально в них устанавливаются лишь пектолит и эканит.

В коренном залегании сливные разновидности отмечаются в глубокоэродированном блоке восточного фланга месторождения на



Рис. 2. Сливной тип сложения чароититовых агрегатов:

а — офитовая структура кристаллитов мизеритита, $\times 43$; б — структура под электронным микроскопом, $\times 2000$, по М.Д.Евдокимову

участке Якутский. Здесь они образуют самостоятельные обособленные от других типов чароититов выделения в вязких рихтерит-кварцевых и кварц-карбонат-рихтеритовых телах. Это неправильной формы гнезда (5×10 см) и их жилородные скопления с максимальным размером 120×10 см. Чаше сливные разновидности на месторождении наблюдаются в виде мелких неправильной формы гнезд (до 2 см^2) или их полосовых скоплений в зальбандах тел слюдитоподобного типа чароититов на глубокоэродированных участках Новый, Северный или по глубоким горизонтам скважин участка Старый. Очень редко выделяются в центральных частях крупных тел с пироксенитоподобным и амфиболовидным типами чароититов на участках Водораздельный и Иркутский. Известны также среди россыпей участка Таборный.

Обычно сливные чароититы в той или иной мере апофиллитизированы, тусклой сиреневой или даже пятнисто-буровой окраски. Под микроскопом в них устанавливается крипто-кристаллическое сложение с беспорядочным расположением иголок апофиллита. Наименее апофиллитизированные разновидности с ярко-фиолетовой окраской просвечивают на глубину до 2 мм и обнаруживают офитовую (фибробластовую) структуру распределения мельчайших кристаллитов (иногда до $0,01 \text{ мм}$), насыщающих почти изотропные округлые выделе-

ния размером до 2 мм. В проходящем свете эти сферолиты желтоватого тона с равномерным распылением рудного вещества, довольно высоким по отношению к кристаллитам рельефом. Порошковые дифрактограммы, снятые для отобранных участков, дают отражения, характерные, как ни странно, для... ксонотлита и... кварца (?). Изредка в обособлениях сливных чароититов наблюдаются нечеткие прожилковые участки с ирризирующим параллельно-лучистым (асбестовидным) строением, в которых под микроскопом обнаруживаются повышенные содержания карбоната, ориентированного между иголочками чароитита.

Пироксенитоподобный тип чароитита (рис. 3) встречается на месторождении чаще, чем сливной ($\leq 8-10 \%$). Его сравнительно крупные тела (более 1 м в поперечнике) найдены в просадочных россыпях на участках Иркутский и Водораздельный. В коренном залегании он обнаруживается небольшими гнездами и их скоплениями в линзах рихтерит-кварц-карбонатных фенитов, а также отдельными крупными зернами в амфиболовидных и крайне редко слюдитоподобных разновидностях чароититовых тел.

Пироксенитоподобные чароититы отличаются массивной офитовой текстурой, светлыми тонами окраски и высочайшей ирризацией агрегатов вдоль волокон псевдомоминеральных обособлений, но чрезвычайно густым ярко-фиолетовым тоном в их попе-

а



б



Рис. 3. Пироксенитоподобный тип чароитита:

а — псевдомономеральный агрегат аллотриоморфно-зернистой текстуры в натуральную величину; б — характер сочленения агрегатов (псевдозерен), $\times 9$; в — карбонатно-чароитовая смесь между листами чароита в косом срезе псевдомономерального кристалла, $\times 43$

в



речном сечении. Чароититы этого типа более однородны по минеральному составу, чем сливные. В них практически отсутствуют реликтовые минералы. Иногда параллельные сростки кристаллитов образуют «псевдокристаллы с весьма совершенной спайностью» как по удлинению зерен агрегата, так и поперек удлинения общими для всех индивидов поверхностями скола, имитирующими монокристалльную отдельность. Однако углы такой «спайности» как между собой, так и с удлинением зерен агрегата непостоянны для зерен из разных частей штуфа и иногда для разных частей одного зерна. Эта разновидность наиболее часто

отбирается как «монокристалл» для исследований состава и структуры чароита, однако полученные результаты также неоднозначны и неповторимы, как и для разных типов. Под микроскопом в таких псевдомонокристаллах вдоль волокон агрегата легко устанавливаются в больших количествах (иногда более 25 %) скопления иголок карбоната. Этот карбонат обуславливает появление зеленоватых и серебристых крайне высоких тонов ирризации. Его количество определяется степенью гидротермальной переработки чароитита и, как правило, более высокое в эндоконтактах крупных тел. В телах, сложенных целиком пироксенитопо-

а



б



Рис. 4. Слюдитоподобный тип чароитовых агрегатов, $\times 9$:

а — характер проникновения чароита в микроклины; б — обволакивание зерен кварца чароитом

добным типом чароитита, иногда отмечается сливная разновидность в виде неправильной формы обособлений (менее 2 см^2) в интерстициях между псевдомономинеральными зернами.

Пироксенитоподобный тип чароитита на месторождении представлен в основном средне- и крупнозернистыми агрегатами псевдомонокристаллов. Изредка на их фоне обнаруживаются прожилки с нечеткими границами гигантозернистых. Для них характерна офитовая текстура сложения псевдомономинеральных зерен, чрезвычайно вязкая в крупных блоках и сравнительно легко разрушаемая в небольших кусках, даже при распиловке и обработке материала. Причем, чем крупнее зерно, тем меньше вязкость. В связи с определением причин вязкости камня интересен характер сочленения псевдомономинеральных зерен в аллотриоморфнозернистых офитовых текстурах. Иголочки одного зерна как бы входят в повернутый почти под прямым углом агрегат другого, прорастая его поперек удлинения.

Пироксенитоподобный тип чароитита отличается наиболее высокими эстетическими качествами. По выражению Ю.А.Алексеева, кабошоны из такого материала могут соперничать с хризоберилловым «кошачьим глазом».

Амфиболовидный тип чароитита на месторождении образует до 20—30 % всех из-

вестных тел чароитсодержащих фенитов. Наиболее широко представлен на участке Водораздельный, где слагает самостоятельные крупные ($> 5 \text{ м}$ по простирацию) линзообразные плиты с гигантозернистым чароитом шестоватой и сноповидной текстуры. Отдельными гнездами этот тип отмечается также в составе линз, сложенных слюдитоподобным чароитом, но никогда не наблюдается в жилах. Как правило, гигантозернистая шестоватость направлена поперек удлинения субгоризонтальных залежей, т.е. является вертикальной. Наиболее длинные лучи достигают полуметра, а при большей мощности тела (1—1,5 м) встречается текстурная слоистость, когда «снопы» одного слоя не проходят в другой.

Характерной особенностью тел, сложенных амфиболовидной разновидностью чароитита, является довольно высокая примесь минералов не чароитовой ассоциации: эгирина, микроклина, тинаксита, волластонита, сфена. Обычно удлиненные выделения этих минералов подчинены общему текстурному облику пород, но тогда их содержания настолько велики, что они концентрируются в зоны поперек удлинения гигантозернистых чароитовых агрегатов. Одна зона может быть обогащена эгирином, другая микроклином, и породы как бы сохраняют теневую слоистость исходного фенита.

В большинстве тел содержание минералов



Рис. 5. Морфология тел чароитсодержащих фенитов:

а — подготовленная к отправке добытая силлообразная глыба; б — выветривание глыб по типу «бараны лбы»

б



чароититовой ассоциации не высоко (в среднем менее 70 %). Однако даже при содержании около 10 % длинные радиально-лучистые иглы розового с перламутровым переливом чароитита, насквозь пронизывающие микроклин или эгирин, настолько облагораживают фенит, что камень (при соответствующей вязкости) может быть использован для мелких вставок в кулоны, серьги, броши.

Не зараженные реликтовыми минералами амфиболовидные чароититы крайне редки и слагают уникальные по красоте густо-фиоле-

товые тонкочешуйчатые агрегаты шестоватого, сноповидного и радиально-лучистого строения. Они обладают настолько тонким переливом, что зачастую кажутся полупрозрачными. Определяющим амфиболовидный тип минералом чароититовой ассоциации является, по-видимому, канасит, наблюдаемый только в этом типе в мономинеральных обособлениях (густого стального с фиолетовым оттенком цвета). По-видимому, в связи с повышенным содержанием канасита (и, вероятно, волластонита) обычные цвета амфиболовидного чароитита несколько более серые, розоватые. Вязкость сравнительно невысокая, снижающаяся с увеличением зернистости.

Слюдитоподобный тип чароитита (рис. 4) — наиболее широко распространенная на месторождении (до 60—70 %) всех тел и наиболее известная разновидность чароитсодержащих пород, называемая чароитом. Известна практически на всех проявлениях в телах разнообразной формы и размера.

Легко узнается по характерному мелко-среднезернистому сложению и псевдосланцеватости, связанной с группировкой индивидов чароитовой ассоциации вокруг реликтовых зерен кварца и нескольких модификаций микроклина, эгирина. Наиболее чистые разновидности этого типа редко содержат более 60—70 % чароититовой составляющей, помимо перечисленных выше. В породах обычны тинаксит и множество других известных на месторождении минералов, но редки эканит, рихтерит. Цвет от голубовато-сиреневого (участок Грозовой) до красно-фиолетового и темно-сиреневого. Именно по этой разновидности чароитита месторождение получило свое название; камень в приполированном виде очень похож на цветущие ветки сирени самых разных тонов.

При отсутствии наложенного катаклаза и

а



б



Рис. 6. Кварцевые чароититы:

а — реликты кварца в офитовом чароите, $\times 3$; б — насыщение кварца иглами чароита, $\times 9$

гидротермального изменения это вязкие массивные породы, практически не поддающиеся выветриванию (рис. 5). Под микроскопом слюдитоподобные чароититы обнаруживают скорлуповатое лейстообразное сложение агрегатов с волнистым погасанием. Агрегаты состоят из тончайших иголок чароита (с четкими ограничениями каждого индивида) и карбоната, обволакивающих реликтовые зерна кварца и прорывающих его (рис. 6). Волнистое погасание затрудняет измерение $2V$ по агрегату (полученные значения колеблются от $12-14$ до $76-80^\circ$ и даже до положительных). По К.Л.Лазебник (1977), изменения $2V$ у подобных агрегатов связаны с изменениями содержания H_2O в чароите. По нашим наблюдениям, отклонения в значениях $2V$ объясняются изгибами, связанными с обволакиванием реликтового кварца или микроклина, а также присутствием в агрегате уплощенных игл канасита и карбоната. Повышенные содержания канасита особенно характерны для сферолитовых, мелкорозеточных участков, как правило, имеющих вид субгоризонтальных полосовых скоплений в этом камне.

Какой-либо четкой закономерности в последовательности образования разных типов наметить не удается. Наиболее вероятно их одновременное образование в разных физи-

ко-химических условиях. Однако в разрезе восточного фланга месторождения и по скважинам наблюдается различная глубина залегания разных типов. Наиболее глубинными являются сливные чароититы, выше располагаются слюдитоподобные и еще выше пироксенитоподобные. Каждый тип на месторождении представлен как своими лучшими, не измененными в процессе наложенного катаклаза и гидротермальной переработки разновидностями, так и в той или иной степени подверженными таким преобразованиям, значительно ухудшающим их эстетические качества.

Чароитсодержащие фениты — объект разведки и пробной добычи на месторождении Сиреневый Камень — обособленные во вмещающих образованиях тела, состоящие из вязких пород разнообразной, часто пестрой окраски. Список минералов, входящих в чароитсодержащие фениты, превышает полусотню наименований. К ним относятся кварцы и полевые шпаты, щелочные пироксены, амфиболы и слюды, сульфиды и их щелочные разновидности, самородные элементы и платиноиды (в том числе медно-никелевые), титанаты, ванадаты, цирконосиликаты и силикаты тория, стронциевые карбонаты, оксиды и гидроксиды (В.П.Рогова, К.А.Лазебник, М.Т.Добровольская и др.).

а



б



в

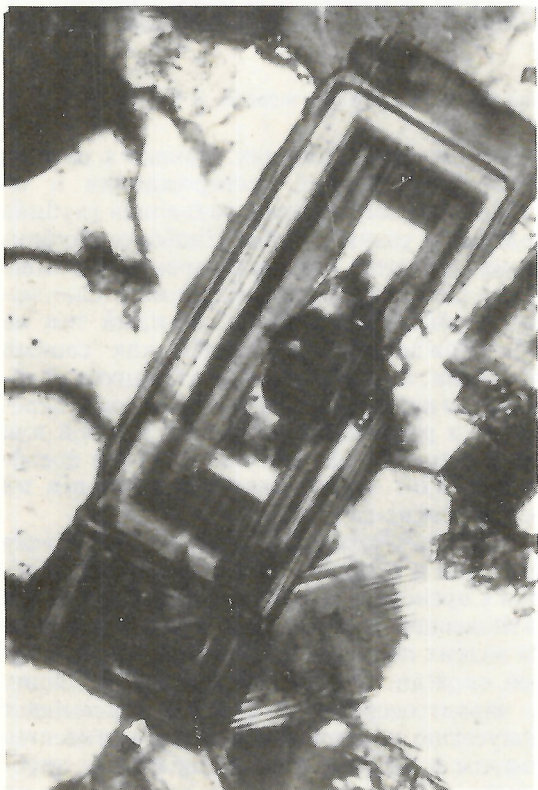


Рис. 7. Реоморфизм реликтовых минералов:

а — «сундучный» рихтерит с микроклин-эгириновым агрегатом в ядре; *б* — «теньевые» и реоморфические рихтериты в чароите; *в* — зональное нерешетчатое зерно микроклина по эгирин-микроклиновому фениту, фото А.Б.Борисова

ших фениты, особых сомнений не вызывает, хотя наличие некоторых из них, например ксонотлита и цельзиана, подвергается сомнению. Наблюдается определенная недоизученность вопросов полевой петрографии о соотношении минеральных ассоциаций и отдельных минералов между собой, вполне объяснимая тяжелыми горно-техническими условиями разведки и новизной материала. Предпринят ряд попыток систематизации минерального состава чароитсодержащих фенитов, исходя из анализа последовательности минералообразования и реакционной устойчивости различных минералов между собой и с чароитом (В.П.Рогова, 1965; К.А.Лазебник, 1979; Е.Я.Киевленко, 1982; А.Г.Булах, 1985; А.Б.Борисов, 1986).

Минеральный состав чароитсодержащих фенитов крайне не выдержан и изменчив как в целом по месторождению, так и на отдельно взятых проявлениях, телах и даже штуфах. На первый взгляд, создается впечатление бессистемного многообразия текстур, связанного не только с непостоянством слагающих минералов, но и с изменением термодинамических условий кристаллизации. Однако изучение редких на месторождении тел, находящихся в коренном залегании, в их генетической позиции позволяет установить, что фениты состоят из несколь-

Среди этого множества гетерогенных минералов отмечаются как широко распространенные в природе, так и редкие и редчайшие, известные только на месторождении.

Достоверность диагностики и изучения особенностей состава минералов, слагаю-

ких полиминеральных ассоциаций, разорванных во времени и пространстве:

реоморфизованные реликты субстрата — в основном пороодообразующие минералы, широко распространенные в поле месторождения как в фенитах, так и во вмещающих породах (кварц, полевые шпаты, эгирины, рихтериты и другие, менее распространенные);

чароитовая ассоциация волластоноидов и парагенных им минералов (чароит, канасит, мизерит, тинаксит, рихтерит-асбест, бенстонит и некоторые другие более редкие);

гипогенная чароитовая ассоциация гидротермалитов мезотермальной (апофиллит, федорит, стронцианит, кварц) и менее температурной (кварц, карбонаты, сульфиды);

гипергенные оксиды, соли.

Минералы, относимые к реликтовой ассоциации, слагают скиалиты в чароититах, реже они обнаруживаются изолированными зернами (или скоплениями зерен — обычно в эндоконтактах тел). В реликтовую ассоциацию входят в основном петрогенные минералы, часто реакционно неустойчивые к чароититам: кварц, микроклин, анортклаз, эгирин, рихтерит, кальциобарит, биотит, флогопит... Несомненно, что эти минералы являются основными пороодообразующими вмещающих метасоматитов — фенитов и флогопит-карбонат-рихтеритовых образований («карбонатитоидов», по Е.В.Воробьеву).

Химический состав однокристаллических минералов в скиалитах, и особенно реликтовых зерен в чароититах, не постоянен. Так, микроклины различаются по содержанию бария, калия, кальция, железа. Часто отмечаются зональные кристаллы как микроклина, так и цветных, причем в реликтовых минералах наблюдаются реакционные оторочки с чароититом. Кварц в контакте с чароитом часто перекристаллизован, прозрачен, а иногда настолько насыщается различными лишь в лупу иголочками чароита, что визуально даже крупные его зерна становятся фиолетовыми и очень вязкими («нефритовозвнящими») и почти не отличимы от остального чароитита.

Намечается прямая корреляция между особенностями состава реликтовых минералов чароитсодержащих фенитов и текстурно-минеральным обликом чароититов и вмещающих пород. В наиболее глубоких горизонтах на уровне кварц-рихтеритовых фенитов чароититы представлены сливной и слюдитоподобной разновидностями с реликтовыми кварцем и рихтеритом. Выше них, в эгирин-микроклиновых фенитах, располагаются слюдитоподобные и шестоватые (амфиболовидные) разности чароититов с реликтовыми эгирином и микроклином и еще выше, в «карбонатитоидах» — параллельно-лучистые, с рихтерит-асбестом и карбонатом. При этом смена минерального состава вмещающих пород отражается в зональности реликтовых минералов (эгирин-амфибол или полевой шпат-кварц). Зерна рих-

терита во внутренних частях тел укрупняются и имеют зональное строение, рихтерит может содержать внутри зерен эгирин-микроклиновые агрегаты, а зерна микроклина становятся более прозрачными, содержат повышенное количество бария (до 3—5 %), нерешетчатые (рис. 7).

Лишь одна из глыб чароитсодержащих фенитов (участок Иркутский) обнаружена среди тетраферрифлогопит-рихтерит-карбонатных пород. По текстурным особенностям она отнесена к пироксенитоподобному типу, обогащена игольчатым рихтеритом и карбонатом.

Содержание реликтовых пороодообразующих минералов значительно и закономерно изменяет текстурный рисунок пород. Обычно оно увеличивается к контактам тел чароитсодержащих фенитов и существенно снижает качество сырья. Поэтому мелкие тела (как жилы, так и силлообразные залежи) являются низкосортными, особенно при наложении гипогенных процессов преобразования породы в кварцево-сульфидно-карбонатной стадии.

Гипогенный к чароититовой ассоциации комплекс минералов также отличается существенной физико-химической неоднородностью (В.П.Рогова, 1968; К.А.Лазебник, 1979; М.Т.Добровольская, 1983; А.Б.Борисов, 1985 и др.). Здесь, по-видимому, можно указать по меньшей мере на две группы минералов: парагенезис высокотемпературных гидротерм апофиллитом, федоритом, стронцианитом, кальциобаритом... и низкотемпературными сульфидно-карбонатной стадии. Примечательно, что в чароититах разные группы гипогенных минералов отмечаются не повсеместно, образуя в рудном поле и обособленные тела, часто имеющие литолого-структурный контроль, отличный от чароититового. Высокотемпературные гидротермалиты обычно развиваются по чароитовым телам в глубокоэродированных частях чароитоносного поля (руч. Даван и на глубоких горизонтах разведочных скважин). Менее энергоемкие минералы сульфидно-карбонатной стадии (В.П.Рогова, 1968) развиваются гипсометрически выше и лишь изредка флангами накладываются на чароититы в местах пересечения субширотных чароитоносных и ортогональных к ним гидротермальных зон (участки Старый, Коренной и др.).

Высокотемпературные гипогенные минералы, по-видимому, являются заключительными в стадии формирования чароитсодержащих пород. Именно начальные стадии процесса высокотемпературного гидротермального замещения чароита приводят к образованию по нему апофиллита и федорита, а также даванита по тинакситу. Вероятно, с ним связано появление пектолита, эканита и волластонита. По физико-химическому типу процессов и геологической позиции образования эту ассоциацию мож-

но в первом приближении охарактеризовать как щелочные родиниты. Видоизменяясь, чароититы приобретают сланцеватые текстуры, чароитсодержащие фениты — гнейсовидные. При этом затронутые реакционными изменениями чароититы изменяют окраску на бурые тона, имеют меньшую вязкость.

Минералы сульфидно-карбонатной стадии с чароититом не реагентны, однако в связи с тем, что их образованию предшествует катаклиз в зонах северо-восточного простираия, тела чароитсодержащих фенитов, подверженные их воздействию, будируют со смещением элементов залегания и иногда приобретают брекчиевидный облик. Выход сортового камня чрезвычайно низок. На дневной поверхности чароититы, измененные в гидротермальной стадии, неустойчивы и легко разрушаются до дресвы.

Породы с таким крайне непостоянным и индивидуализированным составом, каким отличаются чароитоносные фениты, в ряде случаев не могут быть использованы как поделочный камень. В этой связи при разведке фигурирует понятие «выход сортового блочного камня», который может составлять иногда менее 30 % добытой горной массы. При этом снижение выхода сортового камня обуславливается не только наличием декоративных разновидностей, степенью разгнейсования и брекчирования, но и присутствием визуально рыхлых и легко растворимых геохимических примесей.

Как следует из приведенной выше типизации чароитсодержащих пород, чароититы могут рассматриваться (а зачастую уже сегодня используются) как материал для мелких камнерезных и ювелирных изделий, а чароитсодержащие фениты как поделочный камень для изготовления ваз, кубков и т.д.

Принятая сертификация чароита как ювелирно-поделочного камня явно устарела. Как следует из табл. 3, она основана главным образом на визуальной оценке содержания реликтовых и других примесных к чароититу ассоциаций в чароитсодержащих фенитах, сложенных амфиболовидным и слюдитоподобным типами чароитита, что лишь частично отражает декоративные качества, но практически не учитывает такие характеристики, как вязкость, изотропность, пористость. Вероятно, в этой связи были приняты поправки к цене за «чароит в блоках» (ТУ-01-390-79), которые, по на-

шему мнению, также мало учитывают индивидуальные свойства этого уникального камня. Чароитсодержащие фениты настолько индивидуальны и уникальны, что в отдельных случаях даже при ничтожном содержании чароитита не уступают по эстетическим и технологическим свойствам (в частности вязкости) таким поделочным камням, как жадеит, нефрит, родонит, лазурит. Часто чароитсодержащие фениты с содержанием пироксенитоподобного чароитита менее 10 % не уступают по эстетическим свойствам и вязкости даже высоким сортам жадеита, используемым в камнерезных целях. В принятой сертификации вообще не отражены ювелирные разновидности чароита.

Сливная разновидность чароитита редка и преимущественно представлена довольно однообразными блеклыми тонами окраски, что не позволяет использовать ее для изготовления крупных изделий. Однако в связи с высочайшей вязкостью и изотропностью физических свойств может быть использована (и зачастую используется) для небольших ювелирных изделий, подобных изделиям из нефрита (цельные перстни, вставки, печатки). Не исключено, что знаменитые камнерезные изделия из красного нефрита Пекинского музея являются сливной разновидностью чароитита. Среди сливного типа чароитита имеются редкие разновидности полупрозрачных и прожилково-ирризирующих камней, аналогов которым в камнерезном производстве мира нет.

Кабошоны из пироксенитоподобного типа могут конкурировать с хризоберилловым «кошачьим глазом». Цены на подобные камни за рубежом индивидуальны и чрезвычайно высоки. В России этот материал как ювелирный практически не используется, т.к. каждое зерно необходимо вырезать из вязких фенитов отдельно.

При оценке качества сырья необходимо помнить, что не только процентное содержание примесей, но и их минеральный состав сказывается на декоративных и технологических свойствах камня. Удельный вес, плотность и пористость породы — константы разные. При одном и том же удельном весе и плотности чароитит может обладать разной пористостью. Незначительная примесь визуально неразличимого апофиллита или карбоната, к тому же повышающих ирризацию, может компенсироваться по ве-

3. Сертификация чароититов месторождения Сиреневый Камень ОСТ-41-117-76 (по дополнениям 1978 г.)

Цвет	Текстура	Содержание чароитита, %	Минимальный размер блока, мм	Сорт
Фиолетовый, сиреневый, неоднородный	Шестоватая, крупночешуйчато-волокнистая (амфиболитоподобная)	Более 90	50x50x30	Высший
Фиолетовый, сиреневый, неоднородный по интенсивности, пятнистый, допускается трещиноватость на площади не более 10 % поверхности сортового камня	Плоскочешуйчато-волокнистая, мелкочешуйчато-волокнистая, скрытокристаллическая (слюдитоподобный со сливным)	Более 50 Не менее 30	100x100x50 100x100x50	Первый Второй

су сульфидами, но уже при распиловке с масляным охлаждением чароитит буреет и приобретает неряшливый облик. Тонкая примесь эгирина и кварца практически не влияет на ударную вязкость и пористость, однако отражается шагренью поверхности при обработке на малоскоростном оборудовании с малой твердостью абразива. Применение крупного, особенно игольчатого, абразива приводит к выкрашиванию наиболее эффективных тонких асбестовидных обособлений чароитита.

Рядовой чароитит слюдитоподобного и амфиболовидного типов довольно капризен в обработке из-за особенностей игольчатого сложения и водонасыщенности. При наличии гипогенных примесей, визуальнo не всегда различимых, материал выкрашивается, поэтому обрабатывается наиболее тонкими и твердыми абразивными при высоких скоростях, хорошо, но не водном, охлаждении с периодическим осушением. Каждый камень требует индивидуального подхода в связи с анизотропностью — при полировке вдоль волокон обладает иризацией, поперек — темной фиолетовой окраской, поэтому один и тот же камень может быть изготовлен с разным эстетическим качеством. Использование масел при распиловке камня, как и для других пористых и водосодержащих материалов, практически противопоказано.

У исследователей не вызывает сомнения, что чароитовое месторождение является продуктом становления Маломурунского массива эпидейцитовых (кальсилитовых) сиенитов. Однако неоднозначная трактовка петрологических границ массива приводит к противоречивым утверждениям об эндо- или экзоконтактной локализации чароитовой минерализации, магматическом или метасоматическом ее происхождении, что сказывается на разработке основных направлений разведки.

Месторождение локализовано в пределах крупного останца осадочных пород рамы внутри неполнокольцевой структуры, выполненной Мало- и Большемурунскими сиенитовыми массивами. Этот останец довольно детально изучен в обрывах ручьев Даван, Инаригда и с помощью бурения. Он сложен субгоризонтальными (с падением к северу под углом 6—10°) пачками осадочных пород протерозойского возраста, перекрывающими гранитизированные парагнейсы и мраморы архейской толщи. Снизу вверх в этой пачке как в пределах останца, так и по району в целом выделяются: черносланцевый горизонт глинизированных кварцевых песчаников, относимых к кумахулахской свите (мощность до 35—50 м), которая залечивает неровности эрозированной поверхности архейских образований; верхнесеньская пачка кварцитовидных песчаников, постепенно переходящих в известняки (мощность от 70 до 150—300 м) и перекрываю-

щие ее известняки торгинской свиты (неполная мощность менее 30 м).

Развитие Мурунского щелочного комплекса началось еще в протерозое, о чем однозначно свидетельствуют уменьшение мощностей и изменение фациальных составов осадочных толщ синийской пачки по мере приближения к массиву. Изменение фациального состава пород некоторыми исследователями связывается с кальдерообразованием в Атбастах-Мурунском регионе, которое трактуется как первая (досиенитовая) фаза развития щелочного комплекса, иногда именуемая эффузивной, поскольку в осадочном разрезе появляются межслоевые силлоподобные инъекции туффитов и эффузивоподобных порфировых пород. Главную интрузивную фазу щелочного комплекса — становление продуктов магматического замещения в кольцевой структуре — «расслоенных» сиенитов разнообразного состава считают по геоядерной хронологии мезозойской (140 млн. лет). Заключительная экстррузивная фаза развития комплекса, представленная дайками и трубками щелочно-габброидного, сиенитового и гранитоидных составов, судя по «абсолютной» геохронологии, растянута, по крайней мере, до кайнозоя (70 млн. лет).

Образования экстррузивной фазы проявлены наиболее интенсивно на малоэродированном Маломурунском массиве как в зоне эндоконтактов (эксплозивные субвулканические образования жерловой фации), так и за пределами массива (трубки, дайки, геофизические аномалии «трубчатого» типа в осадочном чехле). На площади чароитовосного поля они представлены силлообразными залежами и подводящими к ним непротяженными крутопадающими дайкообразными телами, выполняющими две системы тектонических нарушений: раннюю субширотную и более позднюю субмеридиональную. Первая контролируется дайками слюдоносных меланократовых, почти криптокристаллических шонкитов, вторая — более лейкократовыми продуктами становления сиенитов — грорудитами и щелочными гранитами.

Эволюция каждой из фаз отражена в изменении состава пород рамы внутри кольца развитием площадных и линейных метасоматитов. При этом характерно слабое изменение архейских гнейсов и интенсивное кумахулахских черносланцевых пород и кварцитов и особенно кварц-карбонатного контакта, доломитов и туффитов, т.е. зоны перехода кварцитов в известняки в верхнесеньской пачке. По кварцитам в стыке с известняками образуются площадные кварц-рихтеритовые и эгирин-микроклиновые и флогопит-рихтерит-карбонатные образования, по доломитам развиваются магнетитовые скарны. Последнее особенно характерно для северных экзоконтактов Маломурунского массива с доломитами юдомской свиты кембрийского возраста.

К настоящему времени выявлено около 30 проявлений чароитовой минерализации, представленных сгущениями тел чароитсодержащих фенитов в истоках и аллювии ручьев Даван, Инаригда, Дитмаровский. Все коренные проявления чароита фиксируются в пределах наиболее фенитизированной части пачки верхнесенской свиты (Старый, Грозовой, Туманный, Андреевский, Березовый, Якутский, Водораздельный, Новый, Северный, Восточный, Гольцовый и др.). Лишь одно (Иркутское) отмечается в пределах рихтерит-флогопит-карбонатных пород, развитых по ее верхней части в стыке с торгинской. Большинство коренных проявлений расположено и гипсометрически на примерно одном уровне, около 1125 ± 50 м с падением к северо-востоку под углом $6-10^\circ$, т.е. контролируется стратиграфически. Помимо стратиграфического контроля имеется линейный, выраженный как формой сгущения (простираем тел), так и приуроченностью отдельно взятых тел к нарушениям близширотного направления, контролируемым слюдonoсными безрудными дайками и связанными с ними крутопадающими зонами микроклинитов, названных К.А.Лазебник мурунитами (1979). Эти зоны секут площадные фениты кварц-рихтеритового и эгирин-микроклинового состава и даже прослеживаются среди известковистых образований торгинской свиты к северо-востоку от Маломурунского массива. В ряде из них параллельно южному контакту массива отмечается чароитовая минерализация (рис. 8).

Характерно, что развитие эрозионных форм рельефа, проходившее наиболее интенсивно по нарушениям субмеридионального направления, мощно захватило чароитовую минерализацию в местах пересечения с субширотными чароитоносными зонами. Это обусловило выведение на дневную поверхность большого количества чароитовых тел из ныне разрушенных проявлений, переведенных в россыпи (Таборный, Дорожный, Приречные и др.) или разрушаемых в настоящее время (Старое). В этой связи представляется, что значительная часть чароититовых тел месторождения уже находится на поверхности.

Тела чароитсодержащих фенитов, находящиеся в коренном залегании, обособлены во вмещающих породах вязкостью, цветом, устойчивостью к эрозии. Вот почему они часто выступают на поверхности, а в широко развитых просадочных россыпях сохраняют латеральные соотношения друг с другом. Чароитсодержащие тела в основном имеют форму неправильных в плане силлообразных залежей, обычно согласно залегающих в контакте апокварцевых и апокарбонатных метасоматитов. Реже они прослеживаются в виде маломощных непротяженных крутопадающих жил, вытягивающихся в кулисообразные системы, и являются подводящими каналами к силлооб-

разным залежам. Обычный размер залежей составляет $2-3$ м по простиранию при максимальной мощности до $0,8$ м. Однако отмечаются тела размером до $8-10$ м при мощности в раздуже до 3 м. В плане силлообразные залежи отражают неправильной формы ослабленные полости, образующиеся на пересечениях сдвиговых разломов северо-западного и северо-восточного простирания. Большинство жил вытянуто в северо-западном простирании, хотя имеются одиночные, менее протяженные жилы и силлообразные залежи, вытянутые в северо-восточном направлении. Чароитсодержащие тела группируются в сгущения, в плане имеющие овальную форму. Эти сгущения (проявления, участки) приурочены к пересечениям разломов северо-западного и северо-восточного направлений. В центральной части овалов количество тел больше, увеличивается и их размер. Длинная ось «овалов» вытянута в северо-западном направлении и достигает $0,3$ км.

Таким образом, внешняя граница овалов условна, поскольку некоторые близко расположенные проявления как бы смыкаются в довольно протяженные системы, например Коренное—Водораздельное, Березовое—Туманное—Андреевское, и центр проявлений в плане узнается по большому скоплению тел и их крупному размеру. По вертикали наиболее крупные тела тяготеют к верхам фенитизированной части пачки зоны перехода апокварцитов в апоизвестковистые «карбонатитоиды». Непосредственно в поле развития флогопит-рихтерит-карбонатных образований зафиксировано одно проявление Иркутское небольшой масштабности и неясной генетической позиции. В неизменных кварцитах нижней части верхнесенской свиты, хорошо обнаженных на площади работ и вскрытых скважинами, чароиты не отмечаются. В малоизмененных кварцитовидных и известковистых породах на условных горизонтах ниже 1125 м тела чароитсодержащих фенитов встречаются реже и становятся мельче. Масштабность чароитовой минерализации с глубиной уменьшается и максимальный ее размах, по-видимому, не превышает $100-120$ м.

Таким образом, общая структура чароитоносного поля представляется стратиморфно-ячейчатой, а в каждой ячейке масштабность минерализации уменьшается во фланги и на глубину. Резких тектонических контактов в ячейках (проявлении, участке) с вмещающими породами не отмечается.

Наличие двух систем нарушений обуславливает блоковую структуру площади месторождения. Вертикальные подвижки выводят наиболее продуктивный горизонт (1125 ± 50 м) на разную высоту, соответственно этому некоторые проявления глубокоэродированы. В таких проявлениях (Якутское, Коренное) превалирует жильная форма тел.

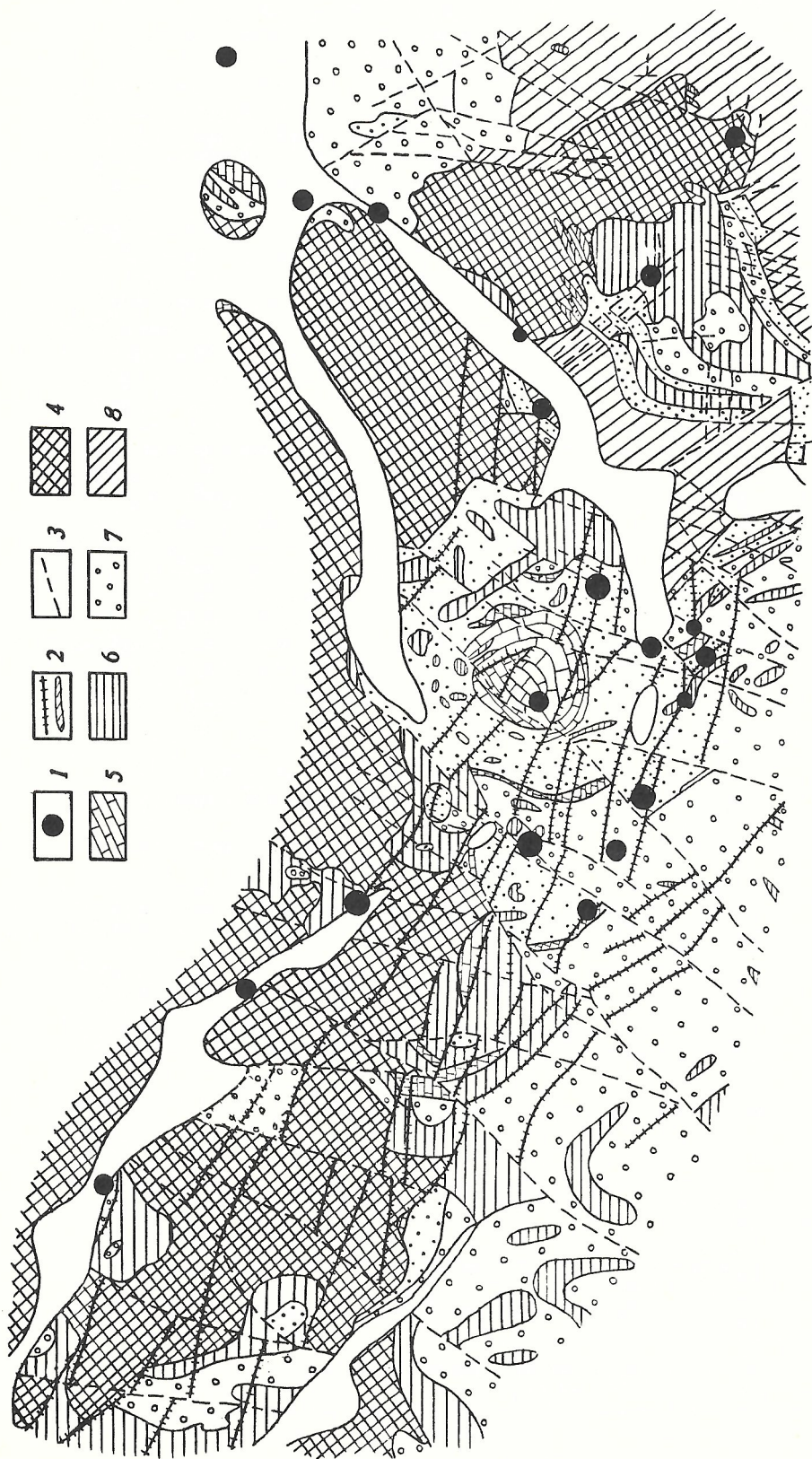


Рис. 8. Схематическая геологическая карта месторождения Сиреневый Камень, м-б 1:40 000, по Ю.В.Иванову, 1989:

1 — проявления чароитовой минерализации разной масштабности (большие и малые); 2 — линейные фениты по разрывным нарушениям; 3 — дизъюнктивные нарушения; 4 — сиениты южного эндоконтакта Маломурунского массива; 5 — верхнесенская подсыта — известняки, известковые и доломитовые мраморы; 6 — кумахулахская подсыта (переходная зона) — кварц-полевошпатовые конгломераты, гравелиты, кварциты на глиноземистом и известковом цементе; 7 — нижнесенская подсыта — кварцитовидные песчаники и конгломераты; 8 — архейский комплекс

С предложенной схемой структурного строения площади чароитоносного поля хорошо коррелируются главные особенности вещественного состава чароитоносных фенитов. В нижней части чароитообразующей колонны на уровне кварцитовидных песчаников отмечаются кварц-рихтеритовые фениты со сливным, реже слюдитоподобным чароитом (мизерит-пектолитовый парагенезис). Выше залегают полевошпатово-эгириновые метасоматиты, образованные по наиболее фенитизированным породам зоны перехода кварцитовидных песчаников в известняки. Они содержат основные массы слюдитоподобного и радиально-лучистого «канаситового» чароитита. Еще выше на уровне «карбонатитоидов» апофиллит-рихтерит-карбонатного состава образуются параллельно-лучистые чароититы с бенстонитом.

Глубина смены одних фаций другими различна на различных участках и, по-видимому, зависит от масштабности и длительности циркуляции пневмы, но в среднем приближении ее можно оценить в 25—30 м. Таким образом, суммарный вертикальный размах чароитовой минерализации составляет около 120 ± 20 м. Поскольку значительная часть россыпей, определяющая лицо месторождения на первых порах его освоения, представлена низкосортным чароитом, для извлечения наиболее качественного сырья с

глубины в настоящее время необходимы большие технико-экономические усилия.

Уникальные по масштабности скопления чароитита только на одном месторождении вряд ли можно объяснить только уникальным для Земли сочетанием факторов генерации (табл. 4). Скорее, непрезентабельный облик выветрелых поверхностей чароитсодержащих тел и неустойчивость гипергенно измененных пород служат их маскирующими свойствами на других ультракалиевых массивах с развитием мизеритовой минерализации в эгирин-микроклиновых фенитах.

Месторождение не беспредельно. Массивы с подобной Мурунскому петрологической и металлогенической специализацией известны и в других местах России и за рубежом. В 60-е годы, когда о чароите еще ничего не знали, он мог быть пропущен под наименованием мизерита, трудно отличимого от чароита даже с помощью современной диагностики (см. табл. 1). Уже сегодня среди находок можно отметить эгирин-микроклиновые фениты с несвойственным мизериту длиннолучистым обликом агрегатов в массивах Дара-Пиез и Ходжа-Ачкан (Средняя Азия), Чергилен (Дальний Восток).

Имеются основания полагать, что чароит может образоваться и вне связи с сиенитами. Так, И.К.Куприяновой (1961) при изучении минералогии «одного из место-

4. Мурунская чароититогенерирующая система

Формации	Геологическое проявление формаций в пространстве
Материнская	Маломурунский массив ультракалиевых эпилейцитовых сиенитов щелочно-габброидной формации
Продуктивная	Останец рамы протерозойских вмещающих толщ; зона перехода кварцитовидных песчаников в известняки верхнесеньской свиты синия
Рудоконтролирующая	Безрудные дайки взрывного этапа; шонкиниты и сельсбергиты
Рудоносная	Площадные фениты кварц-рихтеритового и рихтерит-карбонат-флогопитового (?) состава, развитые по верхнесеньской пачке останца рамы в кальдере проседания
Рудовмещающая	Субширотные крутопадающие зоны линейных фенитов эгирин-микроклинового состава, связанные с ореольным метасоматозом дайковой стадии взрывного этапа
Рудная	Линзовидные залежи и подводящие к ним системы кулисообразных жил чароитсодержащих фенитов, обособленные во вмещающих породах вязкостью, цветом

Минералообразующая система рудной формации

Стадии	Минеральные парагенезисы
Дорудная (реоморфизованные разноэтапные реликтовые минералы кальдеры проседания)	Кварцы, щелочные амфиболы и пироксены, Ва-микроклин, анортотлаз, барит, бербанкит, флогопит, биотит, сфен, либнерит, лампрофиллит, хондродит и др.
«Рудная» (чароититовая пневматолитическая)	Мизерит, чароит, канасит, бенстонит и более редкие — тинаксит, пектолит, эканит, ксонотлит (?)
Рудная (сульфидно-карбонатная)	Кварцы, апофиллит, федорит, стронцианит, флюорит, кальциты, цеолиты, каолины, охры

Геммологическая характеристика чароититовой стадии

Морфобластические типы первичных чароититов	Определяющий минеральный состав — «псевдомономинеральные» агрегаты с криптокристаллическим строением, %
Пироксенитоподобный	Бенстонит (до 50), канасит (30—40), чароит (≈ 10)
Амфиболовидный	Канасит (50—90), чароит (≈ 30), мизерит (≈ 10), бенстонит (0—20)
Слюдитоподобный	Чароит (40—50 до 70), мизерит (≈ 30), канасит (10—20), бенстонит (≈ 10)
Сливной	Мизерит (50—100), чароит (≈ 30), канасит (≈ 10)

рождений Сибири» был обнаружен в больших количествах редкоземельный мизерит в сноповидных или параллельно-лучистых агрегатах и кристаллах таблитчатого облика. Кристаллы достигают 5—7 см при ширине 0,5—1 см, цвет от светло-оранжевого до розового и сиреневого. В шлифах бесцветен, спайность в трех направлениях. Погасание прямое, нередко неоднородное, сингония моноклинная. Удлинение положительное, иногда отрицательное. $2V + 68^\circ$ с вариациями от 65 до 69° . Заметна дисперсия оптических осей, $Z < V$, $N_m = 1,593$, $N_p = 1,588$, $N_g - N_p = 0,012$. Удельный вес 2,89, твердость 5,5. Дифрактограмма близка ксонотлиту и кюспидину. Мизерит тесно ассоциирует с микроклином и эгирин-авгитом. В ассоциации с альбитом неустойчив, замещаясь карбонатом, кварцем, флюоритом и флогопитом. При гипергенезе замещается белым порошковатым веществом в корках до 5—7 см. Среднетемпературный, метасоматический минерал, но менее температурный, чем волластонит. Образуется при низком давлении углекислоты аналогично ксонотлиту, кюспидину и ортоклазу. Редкость в природе объясняется неустойчивостью к выветриванию. Отмечаются акцессорные торит, ортит, циркон.

Месторождение расположено в пределах останца кровли крупного батолита позднепалеозойских гранитов и гранодиоритов, который сложен осадочными известково-сланцевыми породами синийского возраста.

Пироксен-полевошпатовые фениты образуют линзовидные залежи среди осадочных пород вблизи контактов с наиболее молодыми лейкократовыми гранитами, контролирующими месторождение, на котором обнаружены мизериты. Содержание мизерита в метасоматиче-

ских эгирин-микроклиновых породах на отдельных участках до 50 % всей массы.

Нетрудно заметить в этом описании геологической позиции почти полную аналогию с месторождением Сиреневый Камень. Если принять за аксиому утвердившееся мнение об основном отличии чароита от мизерита по знаку удлинения, то И.К.Куприяновой в 1961 г. описан совместно с мизеритом и чароит. «Большие количества» сиреневой и розовой окраски параллельно-лучистых и сноповидных мизеритов могут представлять практический интерес как поделочный камень даже в случае отсутствия в нем чароита. Для решения вопросов прогнозирования этого уникального камня требуются специальные исследования.

Сегодня специалисты единодушны в одном: чароит ожидает большое научное и практическое будущее. В основе этого вывода не только поразительная неповторимость декоративно-прикладных свойств, но и необычное для неживой природы строение агрегатов, напоминающее длинные полимерные цепи с их закономерно изменяющейся структурой.

Несравнимо малая с другими минералами история изучения камня и тяжелые горно-технические условия освоения месторождения, если не оправдывают, то объясняют, почему с чароитом связано столько неясного. Так, не исключено, что чароит является сложным кристалло-молекулярным соединением канасита и мизерита (а возможно, и других близких по составу и структуре минералов), чем определяются его непостоянные физические параметры. Ждут своего удовлетворительного решения также вопросы природы окраски минерала и его агрегатов, диагностика «усов» и их разного кристаллобластеза в чароитите...

УДК 550.84.094:553.411

© С.А.Миляев, В.Б.Чекваидзе, 1996

Ионно-потенциметрические индикаторы золоторудных месторождений

С.А.МИЛЯЕВ, В.Б.ЧЕКВАИДЗЕ (ЦНИГРИ)

Ионно-потенциметрический метод основан на исследовании состава воднорастворимых компонентов в почвенных пробах с помощью ионно-селективных электродов. Принципиальная возможность использования ионно-селективных электродов при поисках рудных месторождений по вторичным ореолам рассеяния была доказана в начале 30-х годов А.П.Солововым, Н.И.Сафроновым. Определенные преимущества спектрального анализа в те годы привели к прекращению работ с применением этого метода. Современные достижения в технике анализов и интерпретации результатов обусловили целесообразность возвращения к указанному методу на новой основе.

Начиная с 1986 г. в ЦНИГРИ осуществляется апробация ионно-потенциметрического метода применительно к поискам золоторудных месторождений [4, 10—12]. Работы проводились на ряде рудных объектов различных рудно-формационных типов, расположен-

ных в разнообразных ландшафтных обстановках. Высокая подвижность ионов в водной фазе и наличие барьеров концентрации определили исключительно благоприятные условия для формирования солевых ореолов рассеяния. Своим происхождением они обязаны разложению первичных минералов в зоне гипергенеза с последующей биогенной и сорбционной аккумуляцией солевых компонентов в почвенном слое. Определенное значение, по-видимому, имеет также постоянный «подток» легкоподвижных компонентов от скрытых рудных залежей к поверхности.

Установлено, что в зоне гипергенеза над золоторудными месторождениями формируются ореолы рассеяния ионов NH_4 , K , Na , Ca , NO_3 , Cl , B и других и потенциалов pH и Eh , характеризующихся на различных объектах определенной спецификой, но в целом достаточно выдержанных по морфологическим особенностям и распределению концентраций. Все это

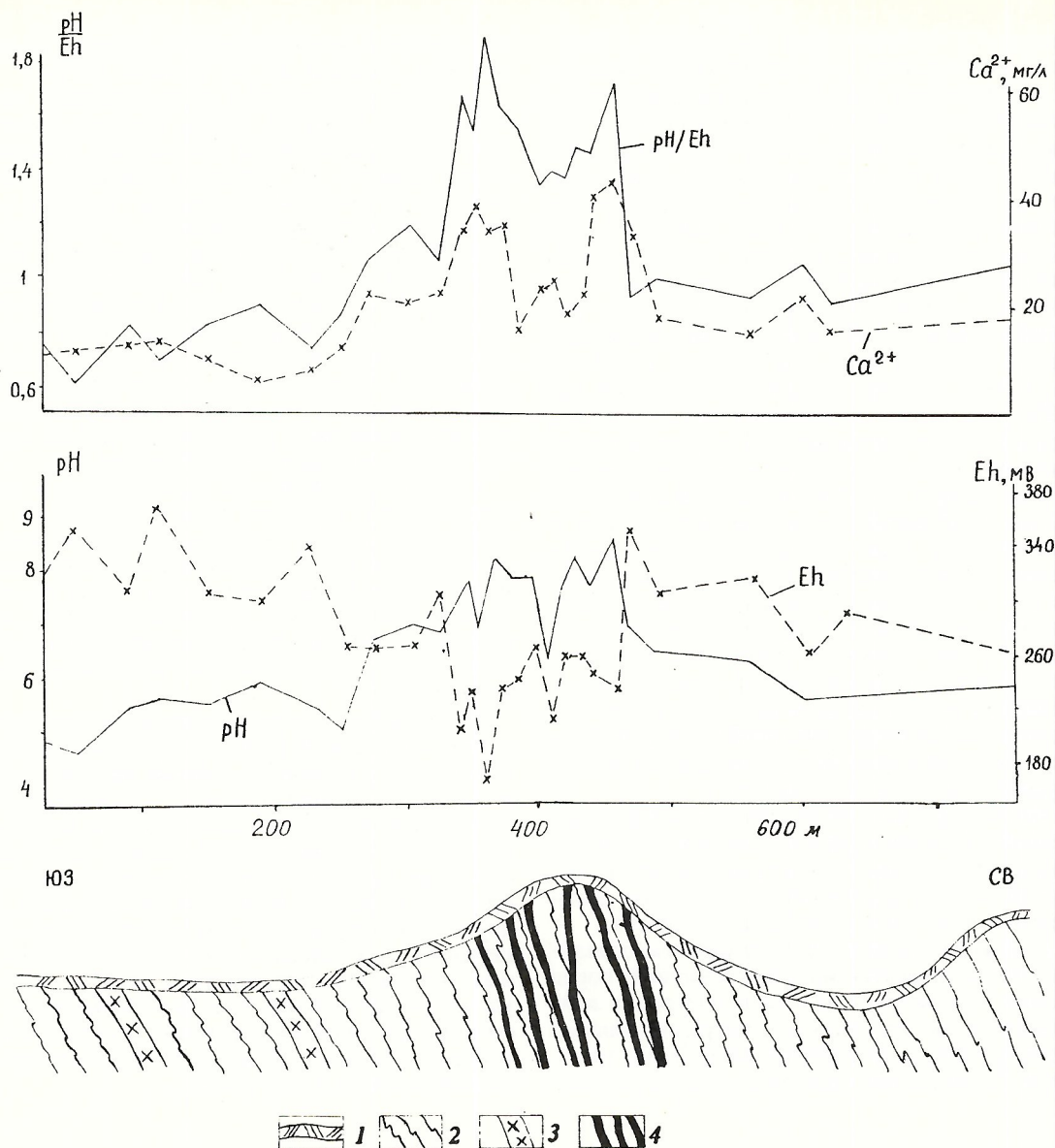


Рис. 1. Графики распределения ионно-потенциметрических аномалий по профилю на поверхности Наталкинского месторождения:

1 — элювио-делювий; 2 — углисто-глинистые сланцы; 3 — дайки плагиогранит-порфиров; 4 — рудные жилы

позволяет рассматривать аномальные геохимические поля перечисленных компонентов в качестве важного поискового признака золоторудных месторождений.

Для выявления ионно-потенциметрических аномалий проводилось геохимическое опробование верхних почвенных горизонтов (глубина 0,2—0,3 м) по профилям, намеченным вкрест простираения рудоносных структур. Шаг опробования в зависимости от рудно-формационной принадлежности и масштаба рудного объекта составлял 5—10—20 м с разрежением до 50 м при выходе в нормальное геохимическое поле. На некоторых месторождениях для изучения морфологии ореолов рассеяния в разрезе и анализа изменения параметров ореолов с глубиной проводилось погоризонтное опробование стенок разведочных канав и керн скважин с шагом от 0,5 до 5 м.

Отобранные и высушенные до воздушно-сухого состояния пробы просеивались через сито 0,25 мм. Для анализа готовилась породная суспензия из фракции менее 0,25 мм путем добавления к пробе дистиллированной воды в соотношении 1:1 (40 г пробы на 40 мл воды). Замеры проводились на отечественных потенциометрах типа И-115М и ЭУ-74 с помощью серийных

электродов на pH, Eh, NH_4 , NO_3 , K, Cl и другие ионы. Для контроля часть проб проанализирована из водной вытяжки (соотношение порода/вода — 1:5) после суточного отстоя. В последних также измерялась общая минерализация раствора прибором ЛК-563М.

Анализ проб проводился в лабораториях Харьковского госуниверситета и ЦНИГРИ, часть проб проанализирована в полевой лаборатории. Средняя относительная случайная погрешность результатов анализа по данным повторных измерений $1,8 \pm 1$.

Исследованные месторождения, согласно систематике [7], относятся к следующим типам: экзогенно-эндогенному золото-углеродистому формационному (золото-кварцевая и золото-(мышьяковисто)-сульфидная формации); золото-серебряному вулканогенно-гидротермальному (золото-адуляр-кварцевая и золото-серебро-адуляр-кварцевая формации); полиметалльно-золотому плутоногенно-гидротермальному (золото-порфировая формация). Рассмотрим особенности проявления ионно-потенциметрических индикаторов оруденения на изученных объектах указанных формаций.

Золото-кварцевая формация. Наталкинское место-

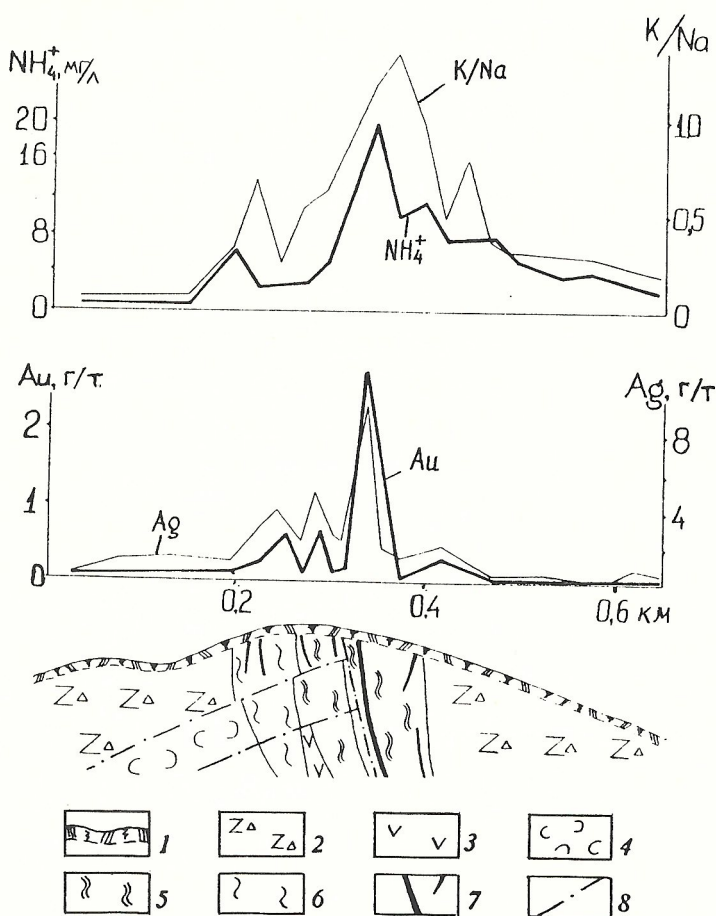


Рис. 2. Графики ионно-потенциометрических и геохимических аномалий в зоне гипергенеза месторождения Карамкен:

1 — почвенный слой; 2 — автомагматические брекчии андезитового состава; 3 — лавы и туфы андезитового состава; 4 — туфы кислого состава; адуляр-слюди-сто-кварцевые метасоматиты с различным содержанием слюд, %: 5 — более 30, 6 — 5—30; 7 — рудные тела; 8 — тектонические нарушения

рождение расположено в Центральном-Колымском районе. Рудовмещающий разрез характеризуется развитием туфо-терригенных сланцев (в различной степени насыщенных углеродистым веществом) позднепермского возраста. Месторождение состоит из серии сближенных субпараллельных кварцево-жильных рудных зон и реже штокверков. Количество сульфидов в рудах составляет 1—3 %. Вмещающие оруденение породы гидротермально проработаны. Центральные зоны представлены карбонат-кварц-альбитовыми метасоматитами, обрамленными зонами серицитизации. Содержащие карбонатов (анкерит, Fe-кальцит, кальцит) в рудных зонах достигает 20 % рудной массы.

По ландшафтно-геохимическим условиям площадь месторождения принадлежит к горно-таежному району с устойчивой сплошной многолетней мерзлотой. Мощность элювио-делювия на водоразделах и в верхних частях склонов составляет 1,5—2 м, увеличиваясь к подножию до 3—4, реже 5—6 м.

Кислотно-щелочной потенциал в целом для района достаточно устойчив. По данным более 200 определений, на фоновых участках в почвах среднее значение $pH\ 6,0 \pm 0,77$. Однако над рудными зонами оно повышается до 8—8,5. При этом в почвенных суспензиях в водной фазе наблюдаются аномальные концентрации иона кальция (рис. 1). Окислительно-восстановительный потенциал характеризуется устойчивыми положительными значениями, что свидетельствует об окислительных условиях зоны гипергенеза. В пределах рудных зон в элювио-делювии значения Eh 200—170 мВ при фоне 285 ± 67 мВ.

Для усиления полезного сигнала от выявленных аномалий pH и Eh рассчитан показатель отношения pH к Eh. Для обеспечения безразмерности этого показателя значения потенциалов нормированы к их локальному фону. В зависимости от ландшафтных и геологических условий контрастность аномалий колеблется от 3 до 13.

Это отвечает условию надежного выявления потенциометрических аномалий [5]. На профиле контрастность аномалии pH/Eh составила 5,7.

Наталкинское месторождение также характеризуется слабыми аномалиями иона аммония ($C_{max} = 2,5$ мг/л при фоне 0,38 мг/л) с двумя максимумами в лежачем и висячем боках рудных зон. Выявленные слабые аномалии галогенов и щелочных элементов, как правило, пространственно разобщены с известными рудными зонами и большого поискового интереса не представляют.

Золото-(мышьяковисто)-сульфидная формация. Бакырчикское месторождение находится в Восточном Казахстане. Рудовмещающие породы представлены углеродсодержащими алевролитами, песчаниками, аргиллитами каменноугольного возраста. Рудные тела имеют форму лент и линз. Золото заключено преимущественно в арсенопирите и пирите. В околорудных ореолах широко развиты карбонатные новообразования (анкерит, кальцит, железистый кальцит). Метасоматические преобразования пород в обрамлении рудных тел выражены в серицитизации березитоидного типа. По ландшафтным условиям месторождение относится к степной семиаридной зоне. Мощность рыхлых образований 2—3 м.

Опытные работы проводились на участке Глубокий Лог со значительным уровнем эрозионного среза. Наиболее отчетливую аномалию образует показатель отношения потенциалов pH и Eh, контрастность которой составила 7,5. В разрезе аномалия pH/Eh симметрична относительно центральной оси, отвечающей положению рудного тела до начала выветривания. Ширина аномалии pH/Eh сопоставима с шириной вторичного ореола золота и составляет 50 м. Ширина аномалии Cl достигает 100 м. Максимальная концентрация хлорид-иона 20 мг/л при фоне 4,5 мг/л. В разрезе вторичные ореолы рассеяния Cl имеют веерообразную форму,

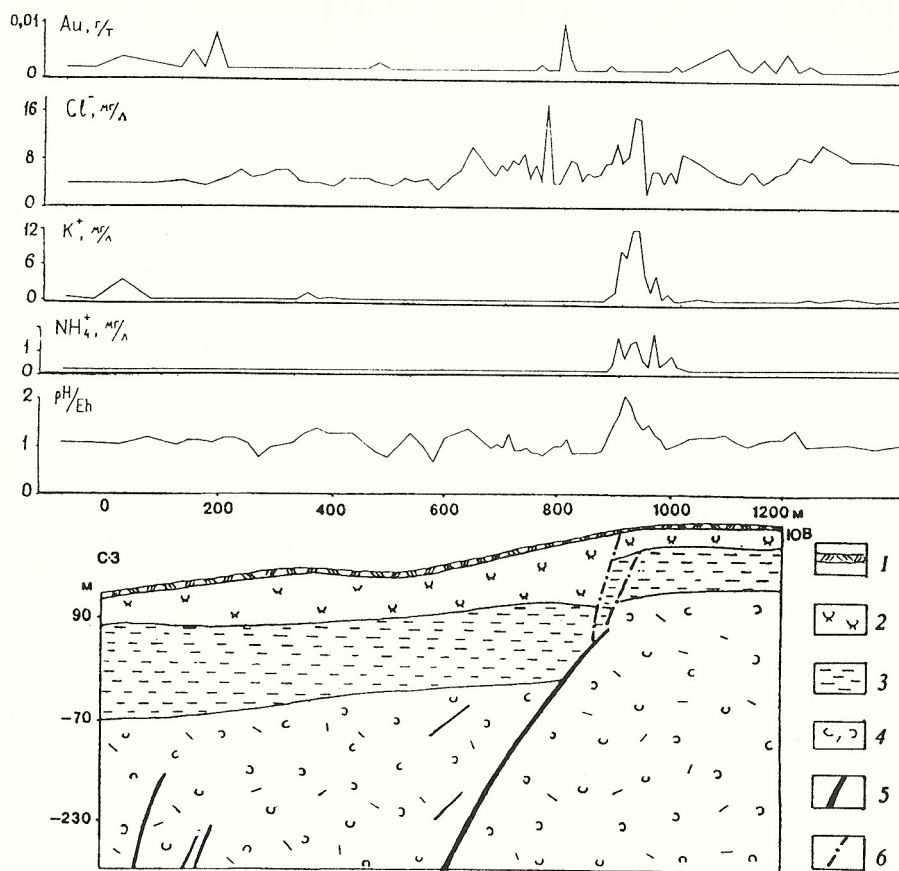


Рис. 3. Графики распределения ионно-потенциметрических аномалий над слепыми телами Берегового месторождения:

1 — рыхлые отложения; 2 — туффиты; 3 — алевролиты, аргиллиты; 4 — вулканиты кислого состава; 5 — рудные жилы; 6 — тектонические нарушения

расширяются в сторону дневной поверхности. На рудопроявлении отмечаются также вторичные ореолы рассеяния иона NH_4^+ . В разрезе ореолы аммония образуют две разобщенные аномалии, приуроченные к висячему и лежащему бокам рудного тела. Контрастность аномалий составила в лежащем боку 3,8, в висячем — 4,2. На рудопроявлении наблюдаются также слабые аномалии иона Ca^{2+} , совпадающие с аномалией отношений pH/Eh . Контрастность аномалии Ca^{2+} 2,6.

Золото-адуляр-кварцевая формация. Месторождение Карамкен расположено на Северо-Востоке России в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Рудовмещающие толщи сложены вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами кислого и среднего состава позднемелового возраста. Породы претерпели площадную пропилитизацию и более локально проявленные вблизи рудных тел аргиллизацию, гидрослюдизацию и адуляризацию. Золотоносные кварцевые жилы характеризуются весьма слабой эрозией.

По ландшафтно-геохимическим условиям площадь месторождения принадлежит к горно-таежным районам с развитой островной многолетней мерзлотой. Мощность рыхлого покрова в среднем 2 м, почвы слаборазвитые, грубоскелетные. На рис. 2 показано распределение основных рудных элементов Au и Ag по профилю, заложенному через центральную часть месторождения (жила Главная), а также ионов NH_4^+ , отношения K/Na. Максимальная концентрация NH_4^+ над жилой Главная 19,8 мг/л при фоновых значениях 0,33 мг/л. Ширина вторичного ореола рассеяния иона аммония 300 м. Асимметричная форма графика NH_4^+ обусловлена избирательным накоплением аммония в висячем боку рудных тел. Помимо иона аммония, контрастные положительные аномалии на месторождении формируют ионы K^+ — 15–20 мг/л при фоне 1,8 мг/л. Ион Na^+ напротив образует аномалии пони-

женные против фона ($C_{\min} = 2,5$ мг/л при фоновых значениях 9,8 мг/л). Размеры аномалии отношения K/Na близки к аномалии иона аммония и составляют около 350 м. На месторождении фрагментарно проявлены аномалии Cl-иона протяженностью, как правило, не более 100 м.

Месторождение Кубака, относящееся к той же формации, размещается в Омолонском массиве на Северо-Востоке России. В строении месторождения участвуют комплексы пород из архея до мела. В пределах рудного поля широко распространены пропилиты и адуляр-кварцевые метасоматиты, заключающие основные рудные тела. Рудная масса состоит из кварца, адуляра, железистого карбоната, хлорита. Руды месторождения убогосульфидные (менее 1 %), что обуславливает ограниченный набор рудных элементов (золото, серебро, барий, ртуть).

На месторождении по вторичным ореолам рудные тела отчетливо фиксируются только по аномалиям золота и серебра. Ионно-потенциметрические съемки позволили выявить контрастную аномалию аммония с размером в поперечнике 200 м. Максимальная концентрация NH_4^+ в водной суспензии составляет 4 мг/л при фоновой концентрации 0,3 мг/л. В зоне гипергенеза ион аммония слабо устойчив, окисляется и переходит в нитрат-ион. Повышенные концентрации NO_3^- могут быть также связаны с разложением органических остатков почв. При этом отмечается корреляционная зависимость между концентрацией NO_3^- и общей минерализацией, определяемой в водной вытяжке. Коэффициент парной корреляции между минерализацией почвенных растворов и концентрацией нитрит-ионов на рассматриваемом участке составил $r = 0,54$ при критическом значении $r = 0,33$. Для исключения возможности завышения или занижения концентраций NO_3^-

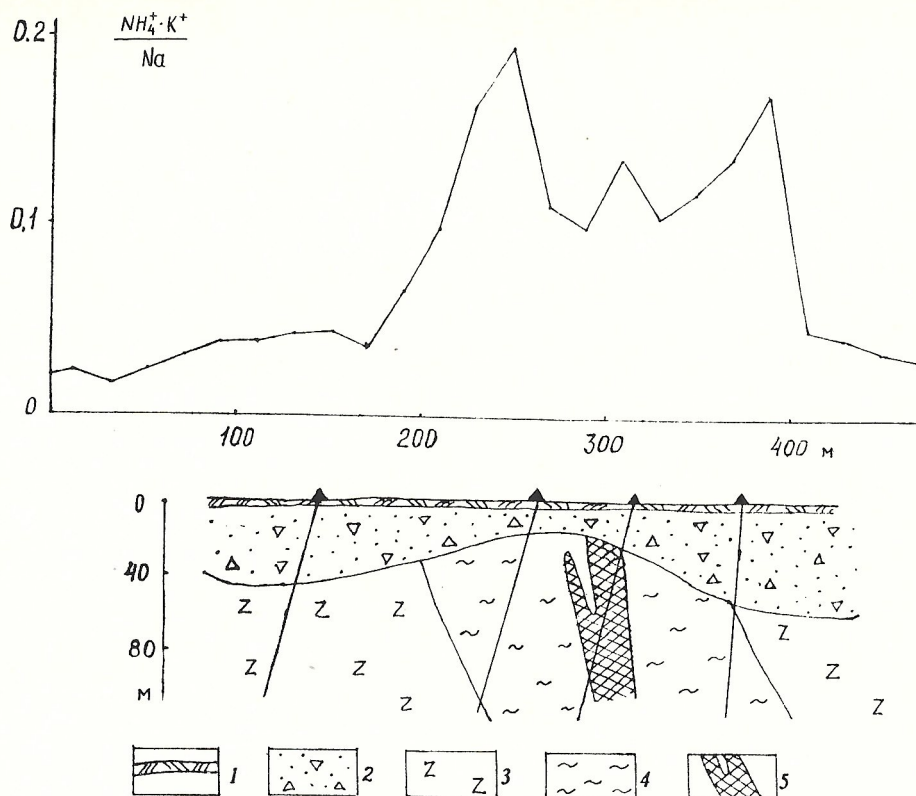


Рис. 4. Ионно-потенциометрическая аномалия мультипликативного показателя $(\text{NH}_4^+ \text{K}^+)/\text{Na}^+$ по профилю на поверхности Васильковского месторождения, участок Дальний:

1 — почвенный слой; 2 — кора выветривания; 3 — габбро-диориты; 4 — зона березитизации; 5 — рудное тело

концентрация нитрат-ионов выражена в отношении к общей минерализации.

Кроме аномалий NH_4^+ и NO_3^- , над рудными телами отмечаются также аномалии хлор-иона. Максимальные концентрации Cl в водной вытяжке составили 20 мг/л при фоне 3,8 мг/л.

Золото-серебро-адюляр-кварцевая формация. Береговское месторождение расположено на территории Западной Украины в пределах вулканического пояса Восточных Карпат. В рудовмещающем разрезе пород позднеогенового возраста чередуются толщи кислых вулканитов и терригенных осадков, нередко содержащих примесь туфогенного материала. Практически все породы претерпели гидротермальные изменения, причем до глубины 100—150 м от поверхности господствуют минеральные ассоциации сольфатарных аргиллизитов (кварц, алунит, каолинит, ярозит, гидроксиды железа), глубже — минеральные ассоциации кварц-полевошпатовых метасоматитов и пород, близких к пропититам (адюляр, альбит, сидерит, анкерит, эпидот). Рудные тела представлены жилами и штокверками. По составу жильные тела золото-полиметаллические, а штокверковые — существенно золотые. Штокверки тяготеют к верхним горизонтам и иногда выходят на дневную поверхность. Жильные рудные тела в большинстве находятся в слепом залегании на глубинах от 5 до 200 м. Изучаемый район расположен в слабовосколмленной местности и относится к зоне гумидных ландшафтов с хорошо развитыми бурными почвами. Мощность рыхлых отложений колеблется от 1—1,5 м на водоразделах и крутых склонах до 30—50 м на горизонтальных площадках и вогнутых склонах гор, где преобладают делювиальные и коллювиальные отложения.

В почвах над известными телами выявлены контрастные ореолы рассеяния NH_4^+ . Максимальные концентрации аммония отмечаются над штокверковыми телами. Над рудным телом, залегающим на глубине 50 м, максимальная концентрация NH_4^+ составила 14 мг/л при фоне 0,28 мг/л.

В западной части месторождения развиты жильные золото-полиметаллические рудные тела. Здесь верхняя кромка промышленных руд над наиболее мощной жильной зоной расположена на глубине 150 м. Ряд более мелких жил прослеживается в северо-западной части профиля на глубинах 300—350 м. Мощность рыхлых отложений в пределах исследованной части профиля 10—15 м. Достаточно отчетливые аномалии над жильной зоной образуют ионы K^+ , NH_4^+ (рис. 3). Максимальная концентрация NH_4^+ 2 мг/л, ширина аномалии 160 м. Вторичные ореолы рассеяния иона K^+ по размерам сопоставимы с ореолами аммония. Максимальные концентрации его над проекцией жильной зоны 12 мг/л. В северо-западной части профиля аномалии NH_4^+ , K^+ наземной литохимической съемкой не фиксируются, вероятно, из-за увеличения глубин залегания рудных жил и незначительного масштаба оруденения. Слабоконтрастную аномалию образует также отношение потенциалов pH/Eh (контрастность 2,2). Хлор-ион формирует широкую в поперечнике аномалию (более 600 м) с максимальными концентрациями 16 мг/л при фоне 4 мг/л. Контрастность аномалии хлора невелика — 2,6.

Золото-порфировая формация. Васильковское месторождение расположено в Северном Казахстане в пределах Кокчетавского срединного массива. Оно представляет собой сульфидно-кварцевый штокверк, локализованный в зоне контакта палингенных интрузий — порфиробластовых (калишпатизированных) гранодиоритов и часто перемежающихся пород габбро-диоритового комплекса. Среди рудных минералов преобладают арсенопирит и пирит. Золото тяготеет к кварц-арсенопиритовым прожилкам, ассоциирует с висмутовой минерализацией и выделяется в основном в самородном виде. Околорудные изменения представлены ореолами березитизации. Особенности вторичных ореолов рассеяния определяются процессами палеоклиматического выветривания в триас-юрское время. Мощность кор выветривания 20—60 м, по ослабленным тектоническим зонам

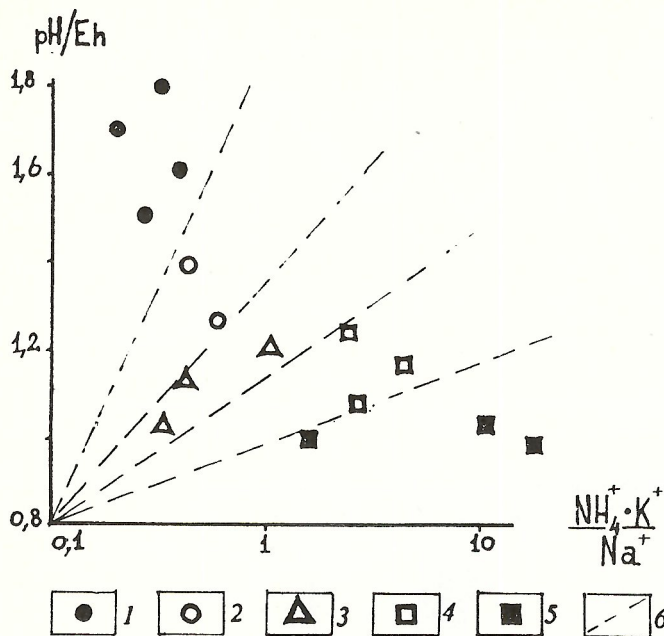


Рис. 5. Положение разнотипных золоторудных месторождений на диаграмме в координатах ионно-потенциометрических показателей pH/Eh и $(\text{NH}_4^+ \text{K}^+)/\text{Na}^+$:

формации золоторудных месторождений: 1 — золото-кварцевая, 2 — золото-(мышьяковисто)-сульфидная, 3 — золото-порфировая, 4 — золото-серебро-адуляр-кварцевая, 5 — золото-адуляр-кварцевая; 6 — граница полей золоторудных формаций

— 200 м. Элювиальная кора выветривания фрагментарно перекрывается бесструктурными глинистыми аллювиально-озерными отложениями. Повсеместно по корам выветривания развиты разнотравно-ковыльные сухие степи на малогумусовых южных карбонатных черноземах. Рельеф района равнинно-мелкосопочный.

В почвах над объектами повсеместно отмечаются слабые положительные аномалии ионов NH_4^+ и K^+ и отрицательные Na^+ . Эти зависимости отражают химизм метасоматических преобразований на объектах данной формации, характеризующийся выносом из пород Na , Mg , Fe , привносом K и S [9] и сопутствующего им NH_4^+ .

Для усиления полезного сигнала предложено использовать мультипликативный показатель, в числителе которого представлены элементы привноса (K^+ и NH_4^+), а в знаменателе — элементы выноса (Na). На рис. 4 приведен график распределения показателя $(\text{NH}_4^+ \text{K}^+)/\text{Na}^+$ над рудной зоной участка Дальний (северная часть Васильковского рудного поля). Мощность коры выветривания здесь в среднем 40 м. Выявленная комплексная аномалия характеризуется контрастностью 5,8. Ширина аномалии 200 м, что соответствует по размерам области развития околорудных березитов.

Проведенные исследования показали, что наиболее информативные индикаторы золотого оруденения во вторичных солевых ореолах — это NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Cl^- , pH , Eh , в меньшей степени Ca^{2+} , NO_3^- , B^- и некоторые другие ионы.

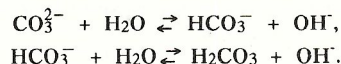
В последние годы опубликовано значительное число работ, посвященных первичным ореолам аммония, сопровождающим золоторудные месторождения [3, 13, 14]. Большинство исследователей считают, что источником аммония является органическое вещество подстилающих осадочных толщ, из которых NH_4^+ был извлечен гидротермальными растворами, а затем заключен в полевых шпатах, слюдах и других минералах, где он изоморфно замещает K . Предполагается также, что ион аммония в исходных рудоносных растворах мог образовывать комплексные соединения с золотом типа $\text{AuL}(\text{NH}_3)$, где L — ионы Cl , Br , I , OH [3]. На стадии рудообразования происходит распад комплексов, а высвободившиеся аммонийные ионы накапливаются в остаточном растворе с последующим входением в калийсодержащие минералы и флюидные включения в виде примесей.

В зоне гипергенеза вторичные ореолы рассеяния могут формироваться как за счет разложения первичных аммонийсодержащих минералов (баддингтонит, слюды, иллит, алунит, ярозит), так и за счет накопления первичных слабо связанных форм аммония.

Наиболее отчетливые аномалии иона аммония формируются в элювио-делювии над месторождениями золото-адуляр-кварцевой и золото-серебро-адуляр-кварцевой формаций. Максимальные зафиксированные концентрации NH_4^+ отмечены на месторождении Карамкен (19,8 мг/л при фоне 0,33 мг/л). Морфологические особенности кривых распределения NH_4^+ над рудными телами зависят от глубины их эрозионного среза. Слепые и слабоэродированные тела имеют один максимум аммония, сильно эродированные — два соответственно над лежащими и висящими боками рудных тел [12].

Щелочные элементы, такие как K и Na , являются типоморфными для многих золоторудных месторождений. Причем для большей части эродированных объектов ореолы K образуют положительные аномалии, а ореолы Na — отрицательные. В результате ионно-потенциометрических съемок выявлены отчетливые положительные аномалии иона K на месторождениях золото-адуляр-кварцевой и золото-серебро-адуляр-кварцевой формаций. Максимальные концентрации K фиксируются на Береговском месторождении (28 мг/л при фоне 3 мг/л), минимальные концентрации Na отмечались над жилой Главная месторождения Карамкен (2,5 мг/л при фоне 9,8 мг/л).

Наличие потенциометрических аномалий в зоне окисления сульфидных (колчеданных) месторождений хорошо известно. Свободная серная кислота обуславливает кислую реакцию среды и резкое понижение pH рудного тела. Для ряда золоторудных месторождений, в особенности относящихся к золото-углеродистому формационному типу, характерна щелочная реакция почвенной среды — pH 8,75 при фоне 6. Это явление находит объяснение с позиции гидролиза карбонатов, в обилии присутствующих в рудных зонах и околорудных ореолах месторождений указанного типа. Гидролиз анионов слабых кислот (HCO_3^- , CO_3^{2-} и др.) сопровождается разложением воды и связыванием иона H^+ в слабодиссоциирующее соединение [2]. В результате активность иона OH^- становится больше активности H^+ и щелочность повышается.



Косвенными элементами индикаторами слепого и погребенного оруденения служат галогены Cl^- , Br^- , I^- [6]. Эти элементы, участвующие в процессе рудообразования, обладают высокой подвижностью и преимущественно развиты в надрудных горизонтах рудных залежей. Чаше всего над золоторудными телами отмечаются аномалии хлор-иона с максимальной концент-

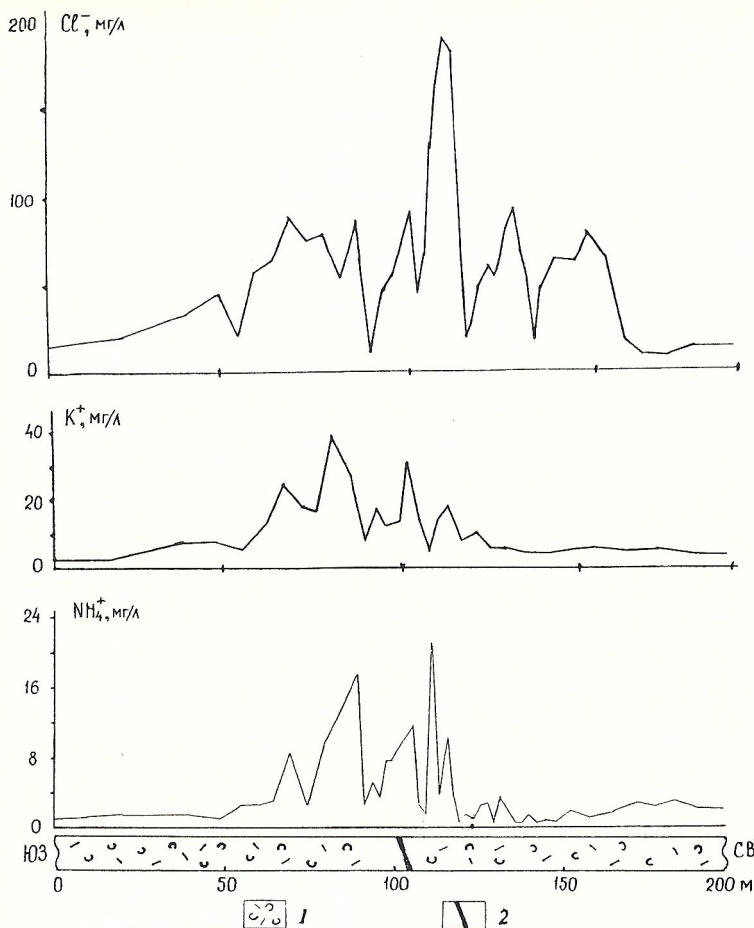


Рис. 6. Эндегенные ионно-потенциметрические аномалии в обрамлении рудного тела на горизонте 130 м Береговского месторождения:

1 — вулканиты кислого состава;
2 — рудное тело

рацией 30 мг/л при фоне 3,8 мг/л (Кубака). Аномалии I, Br фиксируются редко в связи с низкой чувствительностью ионно-потенциметрического метода анализа на эти элементы.

Проведенное исследование свидетельствует о возможности прогноза типа ожидаемого оруденения по характерному набору и значениям ионно-потенциметрических индикаторов. Поля распространения разнотипных месторождений заметно смещаются относительно друг друга, что может быть использовано в практических целях (рис. 5).

По поводу источников компонентов, формирующих наложенные солевые ореолы (NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Cl^- и др.), ранее высказывалось мнение о заимствовании их от разлагающихся вмещающих пород под воздействием эндогенных и экзогенных факторов. В то же время эксперименты показывают, что в эндогенной зоне в околорудных породах и рудах, не претерпевших гипергенных изменений, существуют слабо связанные воднорастворимые формы перечисленных компонентов, определяемые ионно-потенциметрическим методом (рис. 6). Концентрации (активности) их достаточно высоки и вполне могут обеспечить образование в почвах солевых наложенных ореолов. Именно эти слабо связанные формы рудосопровождающих компонентов могут формировать «постоянно действующие» восходящие потоки мигрирующих компонентов от рудных тел к поверхности. Такого рода явления для рудообразующих элементов описаны в работах [1, 8].

В заключение приведем некоторые выводы практического характера.

1. Все изученные типы золоторудных месторождений сопровождаются с поверхности (в зоне гипергенеза) устойчивыми ионно-потенциметрическими аномалиями ряда ионов и потенциалов, главные из которых NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Cl^- , pH, Eh могут рассматриваться как практически ценные индикаторы нижележащего коренного оруденения.

2. По набору индикаторов можно осуществить прогноз ожидаемого типа оруденения. Так, для объектов

золото-углеродистого формационного ряда характерны аномалии pH, Eh, для вулканогенных золото-серебряных месторождений — аномалии NH_4^+ в сочетании с K^+ и Na^+ , для плутогенных, в частности золото-порфировых объектов, те же компоненты, но с заметно пониженными концентрациями аммония и повышенными — ионов щелочных элементов.

3. Имеющиеся экспериментальные данные свидетельствуют о значительной глубинности обнаружения золоторудных объектов, перекрытых чехлом аллохтонных осадков. Выявленные в данной обстановке солевые ореолы зафиксированы в надрудной толще в 50—60 м от рудных тел, причем эти глубины не предельные [12].

4. От используемых в настоящее время в поисковой практике аналитических методов ионно-потенциметрический анализ отличается высокой производительностью, дешевизной и возможностью получения результатов непосредственно в полевых условиях. Последнее особенно важно при разбровке геохимических аномалий и выборе первоочередных объектов для постановки дальнейших работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдберг И.С. Электрохимический механизм извлечения элементов из горных пород // Геохимические методы и научно-технический прогресс в геологическом изучении недр. М., 1989. С. 88—96.
2. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрохимия. — М.: Недра, 1992.
3. Матяш И.В., Багмут Н.Н., Бойко Д.В. О возможном участии аммония в геохимическом переносе золота // Геологический журнал. 1987. № 47. С. 133—136.
4. Милев С.А., Чеквадзе В.Б., Демешко А.А., Ланчинская Л.В. Поиски золоторудных месторождений по вторичным ореолам рассеяния аммония // Разведка и охрана недр. 1992. № 2. С. 8—10.
5. Соловов А.П., Матвеев А.А. Геохимические мето-

- ды поисков рудных месторождений. Изд. 2-е. — М.: Изд-во МГУ, 1985.
6. Трофимов Н.Н., Рычков А.И. Роль высокоподвижных компонентов при литохимических глубинных поисках. — М.: Недра, 1988.
 7. Фогельман Н.А., Константинов М.М., Курбанов Н.К. Принципы систематики золоторудных месторождений для прогноза и поисков // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 31—41.
 8. Фурсов В.З. Газорудный метод поисков месторождений полезных ископаемых. — М.: Наука, 1983.
 9. Чекуаидзе В.Б. Поисковая минералого-геохимическая модель штокверкового золото-сульфидно-кварцевого оруденения // Советская геология. 1987. № 1. С. 121—126.
 10. Чекуаидзе В.Б., Исакович И.З., Миляев С.А., Демешко А.А. Возможности использования комплексного минералого-геохимического метода при интерпретации и оценке геохимических аномалий (на примере месторождения золотокварцевого типа) // Научно-технические достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр. М., 1991. Вып. 9. С. 3—12.
 11. Чекуаидзе В.Б., Миляев С.А. Вторичные ореолы рассеяния аммония на золоторудных месторождениях // Руды и металлы. 1993. № 1—2. С. 60—68.
 12. Чекуаидзе В.Б., Миляев С.А., Исакович И.З. Комплексная минералого-геохимическая методика поисков золоторудных месторождений // Руды и металлы. 1995. № 2. С. 39—51.
 13. Bloomstein E.I., Kydd R.A., Levinson A.A. Development of ammonium geochemistry as a new technique in precious and base metals exploration // J. Geochem. explor. 1987. Vol. 29. P. 386.
 14. Ridgway S., Appleton S.D., Levinson A.A. Ammonium geochemistry in mineral exploration — a comparison of results from the American Cordilleras and southwest Pacific // Appl. Geocem. 1990. N 5. P. 475—489.

Принята редколлегией 25 марта 1996 г.

Рецензии

УДК 553.411 + 412.001.57(0.84.4)

© А.Д.Щеглов, 1996

Атлас по геологии месторождений золота и серебра

А.Д.ЩЕГЛОВ (ВСЕГЕИ)

В настоящее время, когда геологической научной литературы выходит все меньше и меньше, особенно по вопросам геологии рудных месторождений, мысль о том, что надо написать рецензию на новую книгу, давно не беспокоила меня. Тем более на книгу хорошую, нужную, на которую отзыв пишется с трудом, ибо книга при каждом своем повторном чтении и просмотре открывает все новые и новые грани фактического материала и сделанных ее авторами выводов. Но такая книга неожиданно появилась. Я имею в виду атлас «Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России», составленный большим коллективом специалистов Северо-Востока России и ЦНИГРИ.*

Это крупное интересное произведение содержит богатейший фактический материал в виде карт, схем, графиков, разрезов, объемных моделей и описаний по 15 российским месторождениям золота и серебра Северо-Востока и трем их зарубежным аналогам. Такой атлас для месторождений Северо-Востока страны издан впервые; он особенно интересен тем, что характеризует месторождения, информация о которых долгое время была закрытой. Но не это составляет главную ценность атласа: основное — в фактическом материале, его умном подборе, отличной многоплановой графике, характеризующей месторождения, сжато и точно их описании. Однако должен заметить сразу, что у подобного атласа в бывшем Советском Союзе были предшественники, заложившие, на мой взгляд, хорошую методологическую основу создания подобных нужных для рудной геологии книг, своеобразных «графических характеристик» рудных объектов. Это, прежде всего, прекрасный «Атлас морфоструктур рудных полей», изданный в 1973 г. под редакцией П.Ф.Иванкина [1], и «Атлас рудных полей Средней Азии» под редакцией В.А.Королева [2], увидевший свет в 1976 г. Поэтому полагаю, что рецензируемая работа с большим перерывом продолжает хорошее начинание геологов Сибири и Средней Азии, создавших очень

важные обобщения — атласы по геологии рудных месторождений своих регионов. Конечно, рассматриваемый нами атлас отличается от указанных выше, прежде всего, большей информативностью и уровнем обобщения первичного материала, отраженного в многочисленных моделях рудоформирующих систем. Атлас очень хорошо полиграфически выполнен, все иллюстрации четкие и исполнены в двухцветном варианте. Очень важно, что атлас издан на русском и английском языках, что, пожалуй, впервые позволяет англоязычному читателю познакомиться с материалами по геологии месторождений золота и серебра на знакомом ему языке.

Атлас состоит из пяти глав. Первая посвящена характеристике золото-кварцевых месторождений Центрально-Колымского района. В ней охарактеризованы наиболее представительные и крупные месторождения этого типа: Наталкинское, Школьное, Утиное, Ветряное, Светлое. Вторая глава содержит большой материал по открытым в последние десятилетия золото-серебряным месторождениям, связанным с развитием молодых вулканических поясов. Выявление этих месторождений еще в 1946 г. прозорливо предвидел С.С.Смирнов [3], отмечая сходство геологического строения Американской и Азиатской частей Тихоокеанского рудного пояса. Этот раздел атласа открывается характеристикой «гордости нашего Северо-Востока» — крупнейшего месторождения Дукаг; затем приведена характеристика еще шести месторождений: Арылахского, Лунного, Гольцового, Кубаки, Карамкена и Нялленги. В третьей главе охарактеризованы золото-мышьяковисто-сульфидные и золото-кварцевые месторождения Центрально-Чукотского района: Майское, Сосновое и Каральве-ем. Четвертая глава посвящена зарубежным месторождениям, являющимся, по мнению авторов, аналогами месторождений Северо-Востока. Здесь охарактеризованы три объекта: Карлин, Бендиги и Гуанахуато. Рецензент специально перечисляет названия месторождений, чтобы читатель знал конкретные объекты, анализируемые в работе и «ощущал» их представительность как главных, типовых месторождений огромной территории Северо-Востока России. В пятой главе приведены краткие, но содержательные характеристики перечисленных месторождений. Атлас открывается коротким предисловием, в котором авторы справедливо подчер-

* Ответственные редакторы: М.М.Константинов, И.С.Розенблум, М.З.Зиннатуллин. — М.: ВСЕГЕИ, 1992. 140 с. Уч.-изд. л. 30. Тираж 1000 экз. Характерно для нашего времени: книга сдана в набор 3.12.92; подписана в печать 18.10.94, а вышла в свет в 1995 г.

кивают, что несмотря на интенсивное изучение региона, он не исчерпал своих богатств, и «в поисках новых месторождений еще рано ставить точку». Далее они сообщают: «Предлагаемые модели охватывают широкий круг вопросов, включая региональную позицию золотоносных узлов и полей, выражение рудных полей в геофизических и геохимических аномалиях; структуры; вертикальную рудно-геохимическую и гидротермально-метасоматическую зональности месторождений и рудных тел; характер выделения полезных компонентов; стадийность рудообразующего процесса и физико-химические параметры рудоотложения, технологические особенности и горно-технические условия отработки», и, наконец, возможные генетические модели рудообразования (с. 3). Именно по этой развернутой схеме и даны графическая характеристика и описание каждого месторождения, в которых обобщен огромный фактический материал и опыт геологов-рудников Северо-Востока страны. Однако графические и текстовые характеристики месторождений, на мой взгляд, не являются моделями: это не сконструированные исследователем за письменным столом общие схемы, а добытый «молотком и головой» хорошо собранный, осмысленный и воплощенный в геологических картах, разрезах, данных опробования и т.д. огромный фактический материал (чем и ценен прежде всего атлас, что повторяю уже не первый раз). Модельными в атласе являются только «генетические модели рудообразования». Поэтому считаю, что название книги «Многофакторные прогнозно-поисковые модели...» неудачно, оно не соответствует главному содержанию работы, «принимает» ее значение, придавая ей излишнюю субъективность и даже псевдонаучность, которая так пышно расцвела сейчас в геологической науке. Это обидная ошибка авторов: название книги всегда должно отражать ее истинное содержание. Несомненно книга выиграла бы, если бы она называлась короче и четче: «Месторождения золота и серебра Северо-Востока России». Содержание книги полностью отвечает этому названию и то, что я пишу — не мелочь.

Графическая характеристика месторождений открывается мелкомасштабной металлогенической схемой Северо-Востока России, на которой показаны характеризующие месторождения рудных типов и рудные пояса с различным оруденением. Думаю, что авторы поступили правильно, «оставив» на Северо-Востоке срединные массивы как самостоятельные структуры, которые ныне «ликвидируются» или превращаются в приплывшие издалека террейны. Из анализа схемы остается неясным тектоническое положение рудного пояса с серебро-свинцово-цинковым оруденением, который «очень смело» пересекает все структуры Северо-Востока и включает различные по формационной принадлежности месторождения. В его пределах оказывается и Дукатский район, положение которого, как известно, контролируется поперечным Омсукчанским грабеном, неразрывно связанным своим развитием с Охотско-Чукотским вулканическим поясом. Предложенная схема, конечно, далека от металлогенической — это обычная схема размещения месторождений, которая необходима в работе.

При характеристике месторождений авторы в целом придерживаются приведенной выше последовательности их описания. Это создает достаточно четкое представление об объектах. Характеристика месторождений начинается с Наталкинского, типичного месторождения золото-кварцевой формации. Графика — геологические карты района и месторождения, разрезы, структурные схемы и схема радиохимических полей выполнены очень четко (хотя все это называется модно — моделями??). И здесь, и далее при характеристике других месторождений очень выигрышно использован красный цвет для показа рудных тел и рудоносных зон. Этот простой элемент графики очень «оживляет» всю работу, наглядно подчеркивает главные особенности размещения рудных образований. Привлекает интересная объемная фигура каркаса рудных тел. В разделе «модели рудных тел и столбов» приведен добротный фактический материал по параметрам рудных тел, мощности рудоносных штокверков, особенностям распределения богатых руд, дана простая по содержанию зарисовка образца руды в натуральную величину — и все это опять-таки почему-то называется моделями.

Текстом охарактеризованы особенности золота (пробность, фракции, элементы-примеси, паразитизм и т.д.), горно-технические особенности отработки месторождения, а также технологическая схема обогащения руд. Приведена схема процесса образования по стадиям минерализации; здесь сомнения вызывает положение золото-полиметаллической стадии с основной золотой минерализацией, проявляющейся после карбонат-кварцевой стадии, но до пирит-кальцитовой. Скорее карбонатно-кварцевая стадия и как ее подстадия (?) — пирит-кальцитовая проявляются на завершающих этапах рудного процесса. По схеме процесса рудообразования, предлагаемой авторами, золото-полиметаллическая стадия совместно с пирит-кальцитовой — это новый, особый этап рудного процесса, возможно, с большим отрывом во времени накладывающийся на более ранние стадии. Так ли это? Графики, показывающей размещение в пространстве руд разных стадий минерализации, в атласе нет. В заключительной части характеристики месторождения приведена модель (действительно модель!) рудообразующей системы, из которой следует, что область генерации рудоносных флюидов связана с глубинным гранитным очагом, и в образовании месторождений, по-видимому, принимают участие метеорные воды. По такой же схеме охарактеризованы и другие месторождения данной формации. Для месторождения Школьное приведены интересные материалы (схемы), показывающие положение рудного поля и месторождения в геофизических полях. Примерно в том же плане различной по содержанию графикой охарактеризовано Утинское месторождение, однако материал по нему читается сложно, т.к. общая легенда к многочисленной и различной по содержанию графике помещена на отдельном листе в конце раздела, посвященного характеристике месторождения.

Содержательный материал представлен по месторождению Ветренское, в особенности по структурам жильных зон месторождения, где отчетливо видно (с. 26 и 27), что рудные тела сильно перематы, образуют «подковообразные» жилы и по падению сменяются прожилковыми зонами. Подобные структуры свойственны добатолитовым золото-кварцевым месторождениям Калба-Нарымской зоны Рудного Алтая. Интересные данные приведены и по месторождению Светлое; здесь обращают на себя внимание отчетливая приуроченность золото-кварцевых жил «псевдостратиформного» (?) типа к горизонтам глинистых сланцев средней юры и практическое отсутствие «согласных» кварцевых жил в песчаниках (с. 31). В этом отношении очень показательна геологическая карта по горизонту 815 м. Эта карта — почти «классика» рудной геологии (и опять-таки это интересный фактический документ, а не модель: редакторы, куда вы смотрели?). На этой карте и геологическом разрезе отчетливо видно, как протяженные золото-кварцевые жилы повторяют изгибы складок (жилы Мощная, Промежуточная и Первая), хотя в ряде случаев наблюдаются пересечения рудоносными жилами горизонтов песчаников. К сожалению, из описания месторождения не ясно, рудами каких стадий минерализации сложены жилы разных типов. По графическим данным создается впечатление, что секущие песчаники рудные тела — более поздние образования по отношению к «согласным» жилам, залегающим в сланцах, и не исключено, что поперечные жилы сложены рудами более поздней золото-галенитовой стадии минерализации. Так ли это?

Второй раздел работы посвящен характеристике золото-серебряных месторождений вулканических областей. Это очень важная часть атласа, т.к. посуществу содержит впервые публикуемый в открытой печати большой фактический материал по месторождениям, выявленным геологами Северо-Востока за последние два с половиной десятилетия. Их открытие — крупное достижение российских геологов, осуществленное в не очень доступных районах нашей страны; оно потребовало не только геологических знаний, но и большого профессионального мужества. Раздел открывается графическим показом Дукатского месторождения, по которому приведен представительный материал, характеризующий этот уникальный объект — одно из крупнейших в мире месторождений серебра. Он содержит карты и схемы рудного поля и месторождения, инте-

ресные разрезы. Показаны особенности проявления минерализации в рудных столбах и, в частности, под экранами осадочных пород; дана подробная схема рудообразования. Однако, на мой взгляд, не отражены две важные особенности, имевшие определяющее значение при оценке промышленных масштабов месторождения. Первая связана с особенностями строения руд, их структурами, когда колломорфные образования кварца были обнаружены в разных рудных телах, вскрытых только несколькими канавами как на вершине сопки, так и в ее подошве. Это послужило основанием, когда уже на месторождении были прекращены все работы и оно было признано не перспективным, а поисковая партия ликвидирована, поставить осенью 1970 г. вопрос о большом вертикальном размахе оруденения [5] и необходимости возобновления работ, причем, нарушая всю последовательность разведки, вскрыть штольной сразу нижние горизонты рудных зон. Риск был, но он оказался оправданным. Поэтому характерным текстурам руд месторождения следовало бы уделить особое внимание. Второе обстоятельство связано, по существу, с новой оценкой месторождения Ф.Э.Стружковым, который первый выделил так называемые стволные жилы в окружении оруденелых сереброносных пород и прожилковых зон и доказал (!) необходимость разведки таких мощных минерализованных зон как единых рудных тел. Это сразу же расширило перспективы месторождения. В атласе следовало бы документально показать (и написать) об этих зонах, не ограничиваясь только зарисовкой одного забоя (с. 36), и четко отразить в разрезах положение стволных жил брекчиевой текстуры. Строение рудных зон месторождения значительно сложнее, чем это следует из представленной графики.

Характеристику месторождения удачно дополняют материалы по минеральному составу руд и особенностям золота и серебра и их парагенезисам, свидетельствующие о крайне сложном минеральном составе руд месторождения, их нестандартном генезисе в приповерхностных условиях при телескопированном проявлении стадий минерализации и наложении поздней высокотемпературной оловянно-полиметаллической стадии на более ранние золото-серебряные руды.

Дукатскому рудному узлу уделено особое внимание; действительно, это уникальная рудоносная площадь, в пределах которой выявлены сходные с Дукатом месторождения, конечно, в деталях отличающиеся от него характерными особенностями; в работе приведены материалы по другим месторождениям узла: Арылах, Лунное и Гольцовое. Их характеристики удачно дополняют представления о месторождениях района, свидетельствуют о том, что Омсучанский поперечный грабен является своеобразной сереброносной рудной зоной, аналогов которой не выявлено на территории страны. Материалы по этой группе интересных месторождений (с. 45) подчеркивают еще раз особое металлогенетическое значение поперечных рудоносных структур, в которых, как правило, и локализуются крупные месторождения. Для месторождения Лунное и его рудного поля приведены материалы, имеющие поисковое значение: карты шлиховых и геохимических ореолов разных типов, результаты геофизических работ. При характеристике месторождения Гольцовое авторы, нарушая общепринятый стиль работы, почему-то выполнили графику в черно-белом варианте (или это ошибка издательства?), и это сразу же снизило изобразительность материала и выделило данный раздел из ряда других — он стал «слепым». При характеристике этого месторождения обращает на себя внимание небольшая интересная схема размещения минеральных ассоциаций в пределах рудного поля, которая может быть использована при поисковых работах в других районах.

Особо следует остановиться на характеристике золото-серебряного месторождения Кубака. Оно расположено восточнее месторождения Дукат в пределах Омолонского массива, где на гранитизированном архейском субстрате формируются кольцевые постройки субаэриальных эффузивов (с. 40). В настоящее время большинство исследователей считают, что вулканогенные образования имеют девонский возраст и, следовательно, оруденение по времени формирования ему аналогично. Так ли это? Месторождение Кубака по всем особенностям сходно с характеризруемыми в атласе

мезозойскими эпитегрмальными золото-серебряными месторождениями; оно расположено на пересечении двух рудных зон, одна из которых протягивается на запад в сторону Дуката, а другая на юго-восток к мезозойскому вулканическому поясу. Поэтому месторождение Кубака выглядит своего рода «белой вороной»: с одной стороны, сходно с мезозойскими месторождениями, с другой, оно связано с девонскими (?) эффузивами, возраст которых вполне может быть и иным. Конечно, девонский возраст оруденения расширяет перспективы поисковых работ, но он должен быть более аргументирован [4]. Представленные схемы и разрезы по месторождению и его объемная модель наглядно показывают строение рудного поля и отдельных тел, а схема процесса минералообразования отражает очень характерную его особенность: все золото и серебро связано с поздними (после адуляровой стадии) флюорит-баритовыми рудами (стадий минерализации). Последнее обстоятельство даже более интересно, чем девонский возраст (?) оруденения; оно сближает оруденение Кубака с некоторыми месторождениями США, среди которых золото-флюоритовыми рудами выделяется известное эпитегрмальное месторождение Крипл-Крик.

Заканчивается характеристика месторождений золото-серебряной формации представленным «первенцем» этой группы на Северо-Востоке — месторождением Карамкен и его «собрата», небольшого объекта Нявленга, расположенного восточнее первого. По этим месторождениям дан хороший, добротный материал, в особенности по структурам рудных тел, отчетливо показано размещение рудных столбов в кварцевых жилах Карамкена. Для этих месторождений приведены интересные графики-разрезы и планы интенсивности геохимических аномалий, которые могут быть использованы при поисковых работах в других районах как сравнительный материал. Сожаление вызывает отсутствие для месторождений Кубака, Карамкен и Нявленга зарисовок характерных и очень показательных текстур и структур руд, в т.ч. уникальных полосчатых и фстончатых. Такие текстуры и структуры руд являются не только неотъемлемой, характерной особенностью месторождений, но и имеют важное генетическое и поисковое значение.

Третья часть книги посвящена характеристике золоторудных месторождений Центральной Чукотки. Она знакомит нас с Майским месторождением и одноименным рудным узлом, региональная структурная позиция которых интересна прежде всего их положением на стыке триасовых осадочных толщ фундамента с меловыми эффузивными образованиями Охотско-Чукотского вулканического пояса. Приведенные в работе карты и разрезы месторождения, данные по первичным ореолам и геофизическим полям, свидетельствуют однозначно о его крупных масштабах и определенных перспективах на глубину. Это мощное жильное месторождение, рудные тела которого приурочены к протяженным зонам смятия в ассоциации с крупным роом даек лампрофиров и риолит-порфиров. В отличие от многих месторождений золота, Майское характеризуется проявлением ранних редкометалльных стадий: молибденит- и вольфрамит-кварцевой, что достаточно необычно для золото-сульфидных месторождений. Не исключено, что редкометалльное оруденение, возможно, парагенетически связанное с риолитовыми дайками, имеет только структурные взаимоотношения с золотой минерализацией, и их совместное проявление в пределах одного месторождения представляет достаточно редкий случай локализации в одних разрывных структурах и зонах смятия разновозрастного (?) оруденения. Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что многие рудные тела являются слепыми, что свидетельствует о небольшом эрозионном срезе рудного поля. Это обстоятельство имеет важное значение и для решения вопроса о взаимосвязях золото-сульфидного оруденения с эпитегрмальным золоторудным. По-видимому, первое нельзя рассматривать как «корневые части» эпитегрмальных систем. Схема рудных формаций, составленная с позиций представлений о базовых формациях, представляется излишней. В отличие от всех предыдущих характеристик месторождений, данная схема более чем субъективна и нарушает общий принцип изложения материала. Характеристика двух по-

следних месторождений Совиное и Каральвеем интересна прежде всего тем, что с этими типичными представителями золото-кварцевой формации связаны крупные россыпи, в т.ч. древнебереговые (?). Месторождение Совиное характеризуется седловидными золото-кварцевыми жилами, мощность которых в замках складок достигает 10 м и более. Однако эта интересная особенность месторождения недостаточно представлена на разрезах и при характеристике рудных тел. Месторождение Каральвеем локализовано среди песчаников и сланцев триаса и в пространстве тесно связано с мощными дайками габбро-диабазов, к которым и приурочены в основном рудные тела с золотом, в некоторых случаях образующие типичные лестничные жилы. Все это хорошо отражено на различных графических приложениях. Золото-кварцевые месторождения Чукотки во многом сходны с рудными образованиями Центрально-Колымского района, и более правильно было бы их объединить в одну группу и охарактеризовать совместно. Тем более, что имеются основания полагать, что некоторые из этих месторождений (Совиное, Ветренское, Наталкинское — ?) представляют собой метаморфогенные, регенерированные образования, о чем острожно пишут авторы при характеристике месторождения Совиное, отмечая, что золоторудная минерализация связана с процессами динамометаморфизма.

Четвертая часть атласа посвящена характеристике трех зарубежных месторождений: Карлин, Вендиги и Гуанахуато, которые, по мнению авторов, являются аналогами месторождений Северо-Востока. Думаю, что в данной работе в таком виде это лишний раздел; к тому же указанные месторождения не имеют аналогов (полностью сходных) среди месторождений золота и серебра на востоке страны. Их выбор достаточно случаен. Интереснее было бы зарубежным месторождениям дать более сжатую, но выразительную характеристику, показав большее число объектов. Однако, дело сделано. Главное, что аналоги перечисленных зарубежных месторождений могут быть открыты на Северо-Востоке, а следовательно, отечественным геологам надо знать их характеристики.

Наконец, в пятой главе книги кратко описаны все месторождения, графически охарактеризованные ранее. Эта глава написана «добротным, старым» геологическим языком, без всяких экскурсов в плиттектонические построения и прочие новации. Краткое описание месторождений для целей данного произведения выполнено хорошо; конечно, можно было бы сделать отдельные замечания, но они скорее относятся к разряду пожеланий, ведущих к увеличению объема работы. Главное замечание заключается в том, что, по мнению рецензента, было бы более правильным текстовое описание месторождений поместить при их графических характеристиках, не отрывая текстовое описание каждого месторождения от их графических «моделей». При повторном издании книги этот вопрос следует обсудить редколлегии.

И, конечно, в атласе не хватает крупного завершающего обобщения, подводящего итог всей работы. И совсем обязательно это обобщение должно быть крупным по объему — это дело монографий, но оно должно быть значительным по характеру выводов; должен быть подведен в очень сжатой форме итог по четырем охарактеризованным группам месторождений, показаны их наиболее типичные особенности и их сопоставление с зарубежными объектами. Отсутствие такого раздела — существенный недостаток рецензируемой книги.

Итак, выполнена большая и нужная работа. Оценивая атлас в целом, прежде всего следует подчеркнуть, что его авторы сумели создать своеобразное крупное обобщающее произведение по золотым и серебряным месторождениям Северо-Востока России. Этот большой труд отмечают прежде всего пять главных особенностей, предающих ему особую ценность: 1) большая (я бы сказал — огромная) информативность представленного материала; 2) хорошо (прекрасно!) выполненная графика; 3) продуманная единая система обобщения материала для разных групп (и типов) месторождений; 4) создание работы на двух языках; 5) впервые столь полно опубликован фактический материал, ранее считавшийся всегда строго секретным. Авторы и редакторы должны быть удовлетворены своей работой; им будут благодарны геологи-рудники нашей страны; и не только нашей. Может быть, превышая свои полномочия, рецензент подарил эту книгу Геологической службе Финляндии, сотрудники которой с большим интересом ознакомились с ней. Появление этой книги-атласа в наше трудное время знаменательно еще и тем, что оно свидетельствует об огромном потенциале российских геологов и их вере в необходимость планомерного (системного: «прогноз — поиски — оценка») геологического изучения рудоносных площадей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас морфоструктур рудных полей* / Под ред. П.Ф.Иванкина. — Л.: Недра, 1973.
2. *Атлас структур рудных полей Средней Азии* / Отв. ред. В.А.Королев. — Ташкент: ФАН, 1976.
3. *Смирнов С.С.* Тихоокеанский подвижный пояс в пределах СССР // *Рудные месторождения и металлогения восточных районов СССР*. М., 1962. С. 53—61.
4. *Степанов В.А., Шишакова Л.Н.* Кубакинское золото-серебряное месторождение. — Владивосток: Дальнаука, 1994.
5. *Shcheglov A.D.* Criterion of the vertical extent of ore bodies of endogenetic deposits. Internat Union. Geol. Sci. A. No2. Probl. of Hydrothermal ore Deposition. Stuttgart, 1970. P. 218—221.

УДК (049.32)

© В.И.Старостин, 1996

Система моделей месторождений благородных и цветных металлов в серии атласов

В.И.СТАРОСТИН (МГУ)

В 1995 г. изданием сводного атласа «Система моделей месторождений благородных и цветных металлов и алмазов» завершены многолетние работы крупного коллектива ведущих специалистов ЦНИГРИ по созданию серии моделей месторождений и рудных тел. Эта серия отражена в 15 атласах, изданных в 1992—1995 гг. [1—16]. Каждый из них посвящен моделям месторождений основных рудноформационных и/или геолого-промышленных типов и имеет различные содержание и назначение.

Фактографическую основу системы моделей составляет систематизированная информация по 284 важнейшим месторождениям. Структура и содержание атласов ориентированы на использование моделей место-

рождений на различных стадиях геологоразведочного процесса.

Геолого-промышленно статистические модели месторождений основаны на характеристиках, отражающих масштабы запасов металлов в рудных телах и качество руд. В отличие от аналогичных построений Геологической службы США в этих моделях, выполненных для ведущих геолого-промышленных типов месторождений цветных металлов, учитывается распределение запасов и содержаний металлов. Модели служат для оценки возможных масштабов прогнозируемых объектов и качества их руд при прогнозно-металлогенических построениях и поисковых работах.

Прогнозно-поисковые (качественные) модели мес-

торожений представляют собой классификационно-признаковые модели, которые описываются комплексом сопряженных и соподчиненных элементов-признаков, выявляемых различными методами и описываемых разными характеристиками. Элементы используются как прогнозные и поисковые критерии для выделения перспективных площадей в ранге рудных полей и месторождений.

Параметрические прогнозно-поисковые и поисковые (количественные) модели месторождений состоят из элементов рудоносного пространства, которые имеют количественное выражение или доступны для количественных описаний (линейные размеры главных геологических элементов месторождений, размеры и интенсивность геохимических и геофизических аномалий и др.). При локальном прогнозе и поисках модели позволяют оценить удаленность возможных рудных тел от произвольных точек наблюдения в околорудном пространстве, а также оптимизировать плотность поисковых сетей.

Морфометрические статистические модели рудных тел основаны на соотношениях их линейных параметров по трем взаимно перпендикулярным осям — продольной, поперечной и мощности. Они также описаны в форме пресс-проекций изопакит. На основе моделей при поисковых и оценочных работах возможны оценки протяженности рудных тел по их получаемым мощностям, а также минимизация числа профильных пере-сечений.

Концентрационные модели рудных тел выражены в форме их пресс-проекций и разрезов, на которых показаны изоконцентраты металлов. Они позволяют определять положение и долю зон наибольших содержаний и запасов (неоднородностей, «рудных столбов») при оптимизации оценочных и разведочных сетей.

Градиентно-векторные (морфометрические и концентрационные) модели рудных тел построены на основе анализа распределения мощностей рудных тел и содержаний в них основных рудообразующих компонентов, что позволяет выявить структуру «потоков масс и содержаний» и интенсивность их изменений по разным осям рудных тел, что влияет на ориентировку оценочных и разведочных сетей и их плотность.

Многофакторные количественные (композитные) оценочно-разведочные модели рудных тел основаны на интеграции морфометрических, концентрационных и градиентно-векторных моделей, комплексе подсчетных параметров и статистических показателей эталонных объектов. Модели используются для целевого выбора параметров оценочных и разведочных сетей с заданными погрешностями подсчета запасов на основе сопоставления изучаемых объектов с моделями-эталонами и пошаговой корректировки параметров сети по мере накопления информации.

Количественные геолого-генетические модели рудообразующих систем и месторождений основаны на комбинациях различных моделей рудных тел и описываются главными элементами и характеристиками процессов рудонакопления. Эти модели вносят «число и меру» в рудогенетические концепции и позволяют выявлять новые прогнозные критерии и признаки рудообразующих систем и рудомещающих сред.

Атласы, раскрывающие содержания рассмотренных моделей месторождений и рудных тел, концентрируют весьма значительные объемы систематизированной информации. В свою очередь, эта информация представляет собой фактографическую основу последующих многоцелевых исследований и прежде всего по созданию компьютерных технологий прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений, по разработке новых критериев и методик решения геологоразведочных задач на твердые и полезные ископаемые, а также для количественных оценок рудообразующих процессов и систем для различных генетических и рудноформационных типов месторождений.

Вся серия созданных в ЦНИГРИ моделей необходима для образовательного процесса. Они должны широко применяться при подготовке геологов, поскольку концентрированный иллюстрированный материал моделей прост для освоения. Важно также отметить, что атласы содержат материалы, практически недоступные для получения иными способами.

Естественно, что такое крупное обобщение не обошлось без погрешностей. В некоторых случаях в качестве эталонов использованы не очень представительные месторождения; можно обсуждать полиграфическое качество атласов, предложить их многоязычные версии и т.п. Однако выполненная работа по созданию системы моделей месторождений цветных и благородных металлов в целом не имеет аналогов.

Главная недостатки серии атласов — издание их очень малыми «сигнальными» тиражами и соответственно высокая цена, что, вероятно, можно объяснить «остаточным» выделением на издание средств.

Заботы заинтересованных федеральных ведомств о геологическом будущем страны, с нашей точки зрения, могли бы проявиться в целевой финансовой поддержке издания рассмотренной серии атласов как учебных пособий для геологических вузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геолого-генетические модели золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах*: Атлас / Н.К.Курбанов, Ч.Х.Арифлулов, П.Г.Кучеревский и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
2. *Градиентно-векторные модели колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа*: Атлас / А.И.Донец, С.А.Емельянов, В.В.Кузнецов и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
3. *Градиентно-векторные модели медно-цинково-колчеданных месторождений*: Атлас / А.И.Кривцов, А.Г.Волчков, В.Б.Шишаков и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
4. *Градиентно-векторные модели золоторудных месторождений*: Атлас / М.М.Константинов, А.В.Коробков, В.Б.Шишаков и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
5. *Многофакторные модели жильных золоторудных месторождений*: Атлас / Б.Н.Иванов, М.Ю.Катанский, С.Н.Жидков и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
6. *Многофакторные модели золоторудных месторождений типа жильных и минеральных зон*: Атлас / В.Б.Голеньев, С.Н.Жидков, М.Ю.Катанский и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
7. *Многофакторные модели золоторудных месторождений типа залежей и штоков*: Атлас / С.Н.Жидков, М.Ю.Катанский, В.П.Цетлин и др. — М.: ЦНИГРИ, 1994.
8. *Многофакторные модели аллювиальных россыпных месторождений золота и платиноидов*: Атлас / В.И.Куторгин, Ю.С.Будилин, В.А.Джобадзе и др. — М.: ЦНИГРИ, 1994.
9. *Многофакторные поисковые модели золоторудных месторождений*: Атлас / Под редакцией М.М.Константинова, В.А.Нарсеева — М.: ЦНИГРИ, 1989.
10. *Многофакторные модели колчеданно-полиметаллических месторождений*: Атлас / А.И.Донец, С.А.Емельянов, А.С.Тарасов и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
11. *Многофакторные модели стратиформных свинцово-цинковых месторождений*: Атлас / А.И.Донец, С.А.Емельянов, А.С.Тарасов и др. — М.: ЦНИГРИ, 1994.
12. *Параметрические геолого-поисковые модели колчеданно-полиметаллических месторождений*: Атлас / Г.В.Ручкин, И.П.Пугачева, В.Д.Конкин и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
13. *Параметрические геолого-поисковые модели медно-цинково-колчеданных месторождений*: Атлас / А.Г.Волчков, Н.П.Трякина, В.Б.Шишаков и др. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
14. *Прогнозно-поисковые модели месторождений благородных, цветных металлов и алмазов*: Атлас / Под ред. М.М.Константинова, А.Г.Волчкова, В.И.Ваганова. — М.: ЦНИГРИ, 1993.
15. *Система моделей месторождений благородных и цветных металлов и алмазов* / А.И.Кривцов, М.М.Константинов, В.В.Кузнецов и др. // *Отечественная геология*. 1996. № 3. С. 11—31.
16. *Система моделей месторождений благородных и цветных металлов и алмазов*: Атлас / Под ред. А.И.Кривцова. — М.: ЦНИГРИ, 1995.

Проблемы геологического образования в России*

В.Т.ТРОФИМОВ, Б.А.СОКОЛОВ, В.А.БОГОСЛОВСКИЙ (МГУ), В.М.ШВЕЦ (МГГА)

В Москве 19—29 марта 1996 г. состоялась Первая Всероссийская конференция «Проблемы геологического образования в России». Ее организаторами были Государственный комитет по высшему образованию России (Госкомвуз), Комитет Российской Федерации по геологии и использованию недр (Роскомнедра), Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова (МГУ), Московская государственная геологическая академия (МГГА), Учебно-методическое объединение (УМО) университетов по геологии и Учебно-методическое объединение по геологическим специальностям в инженерно-геотехнических вузах. Заседания конференции проходили в МГУ и МГГА.

В работе конференции приняли участие более 200 представителей 13 классических и 24 технических университетов, академий, инженерно-технических и нефтяных вузов России, геологических техникумов, работников геологической отрасли, институтов РАН, ведомственных геологических институтов, представителей Госкомвуза и Министерства образования России. На конференции присутствовали гости из вузов СНГ, доклады и приветствия прислали представители Европейской и Межазиатской организаций высшего образования ЮНЕСКО.

Конференция открылась 19 марта 1996 г. в главном корпусе МГУ вступительным словом ректора Московского университета В.А.Садовниченко, приветствовавшего собравшихся от имени старейшего университета России и Союза ректоров российских вузов и кратко остановившегося на общих проблемах высшего образования в нашей стране, его трудностях и путях их преодоления.

В приветствии конференции начальник управления образовательно-профессиональных программ и технологий Ю.Г.Татур рассмотрел общие проблемы развития многоступенчатой системы высшего образования в России и задачи создания новой, усовершенствованной редакции государственных образовательных стандартов. Интересен факт, что к настоящему времени только 18 % вузов России перешли на многоступенчатую систему высшего образования, открыв бакалавриат; 60 % вузов оставили 5-летнюю подготовку специалистов; 6-летняя магистерская подготовка открыта по 42 направлениям высшего образования.

На конференции были обсуждены вопросы, связанные с развитием геологического образования в России. Тематика докладов охватывала 6 групп вопросов: 1) новые требования производственных организаций геологической службы страны к подготовке специалистов с высшим образованием в свете современных и перспективных задач изучения недр России и зарубежных стран; 2) роль геологического образования в жизни современного общества; преподавание геологии как фундаментальной естественно-научной дисциплины в средней и высшей школе для студентов негеологических специальностей; 3) проблема профессионального высшего геологического образования в стране, включая его многоступенчатую систему; 4) проблема подготовки специалистов в области экологической геологии; 5) региональные проблемы геологического образования; 6) положение молодых специалистов-геологов на рынке труда.

Первая группа вопросов была рассмотрена в докладе Председателя Роскомнедра В.П.Орлова «Геологическое изучение недр России: задачи, перспективы, кадры». Сделав анализ современного положения дел в геологической отрасли и связав его с проблемами геологиче-

ского образования, В.П.Орлов отметил, что в связи с закреплением за геологической службой функции управления государственным фондом недр России, требуются специалисты-геологи, которых до настоящего времени не готовила высшая школа — специалисты, ориентированные в области недропользования, права, экономики, геологического менеджмента. Вследствие перехода отрасли на самофинансирование, структурной перестройки и сокращения объемов геологоразведочных работ произошло резкое (почти в 2 раза) сокращение численности геологических кадров; отток молодежи с производства и из науки привел к разрыву в возрастных группах геологов различных уровней квалификации. Так, средний возраст докторов наук уже превысил 50 лет, кандидатов составил 40—50 лет, резко сократилось число специалистов-геологов в возрасте 30—35 лет и моложе.

Между тем, подчеркнул В.П.Орлов, только высший уровень профессиональной подготовки геологов может обеспечить новый подъем отрасли, потребности современных пользователей недр. Необходимо обратить внимание на подготовку будущих руководителей геологической службы, обладающих широким образованием в области естественных и социально-экономических дисциплин. Сейчас, по мнению В.П.Орлова, только 30 % руководителей отвечают этим требованиям. Роскомнедра оказывает помощь в укреплении материальной базы геологических вузов через систему хоздоговоров, хотя эта помощь недостаточна. Для подготовки одного студента-геолога сейчас необходимо тратить 8—10 млн. руб. в год, в то время как реальная сумма не превышает 3—4 млн. руб. Особое внимание руководители отрасли начали уделять обеспечению студентов-геологов базами производственных практик, рабочими местами выпускников вузов, учебно-методическими пособиями и учебниками. Сегодня высшее геологическое образование является залогом, как подчеркнул Председатель комитета по геологии и использованию недр, будущего укрепления минерально-сырьевой базы страны. Именно это побуждает Роскомнедра поддерживать геологические вузы и техникумы.

Роль геологического образования в жизни современного общества — тема доклада Л.Г.Грибачева (МГГА), Б.А.Соколова и В.Т.Трофимова (МГУ). Авторы подчеркнули, что геология — фундаментальная наука, которая в прикладном плане обеспечивает одну из важнейших компонент материальной базы общества — его минерально-сырьевую базу и обеспечивает потребности в эколого-геологической информации. Несмотря на это, геологические знания, геологическая образованность общества явно недостаточны. Поэтому необходимо изменить отношение общества к преподаванию геологии в средней школе, преподавать основы геологии во всех вузах наряду с физикой, химией, математикой. Необходимо сделать геологические знания доступными для всех членов общества. Это позволит не только восстановить престиж профессии геолога, но и подготовить население к пониманию причин геологических катастроф, направленности геологически обоснованных экологических мероприятий.

Эти положения были развиты в докладе Н.В.Короновского (Минобразования России) и В.И.Старостина (МГУ) «О роли геологического образования в средней школе России». В нем обосновывалась необходимость введения преподавания курса «Геология» для учащихся 7—9 классов школы. Основываясь на опыте преподавания геологии за рубежом и имеющихся решений УМО университетов и Минобразования России, докладчики предложили внести в решение конференции рекомендации о введении и учебно-методическом обеспечении

* К итогам Первой Всероссийской конференции.

курса по выбору «Основы геологии» для 10—11 классов средней школы.

Большая часть докладов была посвящена обсуждению третьей из ранее названных проблем. Доклад В.М.Швеца (МГГА) и В.А.Богословского (МГУ) «Проблемы многоступенчатого высшего геологического образования» был посвящен насущным задачам государственного стандартизирования двух направлений геологического образования — университетского и технического. Были рассмотрены основные различия пятилетней и многоступенчатой подготовки, общее и разное в бакалавриате двух направлений и в подходе к разработке магистерских программ. Было подчеркнуто, что важнейшей проблемой многоступенчатого образования является сохранение преемственности, опыта и лучших традиций высшего геологического образования России. Вновь создаваемые государственные образовательные стандарты (ГОС) должны обеспечить возможность интеграции различных видов высшего геологического образования при сохранении высоких требований к уровню подготовки. ГОС должны позволить студенту самому выбирать образовательную траекторию по схемам 4 года, 4 + 1 год, 4 + 2 года. При этом ГОС должны открывать возможность сближения структуры и содержания бакалаврской программы с содержанием фундаментальных и общепрофессиональных циклов программ специалистов.

Опыт подготовки бакалавров и магистров геологии рассмотрели И.В.Булдаков (СПбГУ) и Г.М.Татьянин (Томский ГУ). Дав практическую иллюстрацию положений, высказанных в предыдущем докладе, они показали, что в учебном плане бакалавра первые четыре семестра были общими для всех студентов, а с пятого семестра вводились курсы по выбору с целью гибкой профилизации обучающегося. При этом список элективных курсов, предлагавшийся студентам в СПбГУ, имел около 200 названий. Для чтения этих курсов привлекались помимо преподавателей университета ученые из геологических институтов города. Свобода выбора собственного пути образования резко повысила творческую активность студентов, обострила конкуренцию между кафедрами за привлечение своего контингента. На завершающем этапе четырех лет обучения будущий бакалавр геологии имеет 2 уровня аттестации — выпускную работу и государственный экзамен. В магистратуру, по их данным, поступает не более 30 % обучающихся, имеющих средний балл не ниже 4; ее следует рассматривать как удобный переход к аспирантуре. В целом опыт многоступенчатой подготовки бакалавров и магистров геологии, по мнению докладчиков, положительный.

К этому же циклу относится и доклад А.И.Владимирова, С.А.Серкорова (ГАНГ) «Высшее нефтегазовое геологическое образование: состояние и проблемы». Авторы привели статистические данные о кадровом обеспечении отрасли и связали их с проблемой сохранения потенциала нефтегазового комплекса страны. Было отмечено, в частности, что только для восстановления естественного выбытия специалистов по возрасту нефтегазовые вузы должны принимать не менее 670 студентов и 50 аспирантов по нефтегазовой геологии и геофизике (в 1995 г. прием составил только 500 человек). Авторы рассмотрели особенности содержания, форм и методов обучения студентов нефтегазовых геологических специальностей на примере учебных планов и программ факультета геологии и геофизики нефти и газа ГАНГ им. И.М.Губкина и других вузов. Особое внимание было уделено роли учебных и производственных практик, проблеме трудоустройства выпускников, реализации многоступенчатого геологического образования в нефтегазовых вузах. Отмечены серьезные трудности, испытываемые этими вузами в условиях ухудшения финансирования, снижения уровня жизни профессорско-преподавательского состава, старения преподавательских кадров, что может привести к разрушению сложившихся уникальных научных школ.

Проблемы подготовки специалистов в области геологической геологии рассмотрены в докладе В.А.Жарикова, В.Т.Трофимова, В.А.Богословского, Д.В.Гричука (МГУ) и А.К.Соколовского (МГГА). В нем подчеркнуто, что предметом изучения этого направления геологии являются экологические функции литосферы, методы

оценки ее устойчивости к техногенным воздействиям, прогноза и геологического обоснования защиты от опасных геологических процессов и геологических катастроф. Социальный и профессиональный заказы на эколого-геологов определяются потребностями природоохранных федеральных и муниципальных служб, нуждами геологической отрасли, горнодобывающих, нефтегазовых, энергетических и других отраслей, использующих для своих нужд литосферное пространство. На основе анализа альтернативных путей подготовки геологов, специализирующихся в области экологической геологии, авторы показали, что лучшим из них является введение новой специальности «Экологическая геология» на геологических факультетах университетов России. При этом должны сохраняться экологические специализации других геологических специальностей, уже существующих во многих университетах и инженерно-технических вузах.

Чрезвычайно актуальный вопрос современного этапа геологического образования — проблема организации производственных геологических практик — рассмотрена В.А.Егоровым (МГУ) и А.Ф.Морозовым (Роскомнедра). На основе данных анкетирования университетов России, авторы показали, что основными трудностями, с которыми сталкиваются геологические факультеты, являются недостаточность финансирования, резкое сокращение научно-исследовательских работ, общее сокращение геологического пространства. Число студентов, направляемых на практику в производственные организации, в 1995 г. в различных университетах изменилось от 48 до 90 % (Воронежский университет). При этом на некоторых геологических факультетах до 80 % студентов не выезжали на полевые работы. Авторы делают вывод, что важной особенностью организации практик является заключение конкретных договоров с производственными организациями, в том числе при поддержке и дополнительном финансировании со стороны Роскомнедра. Интересен опыт использования учебных практик для организации научно-исследовательских и научно-производственных полевых работ для студентов. Заслуживает внимания опыт проведения в Московском университете им. М.В.Ломоносова морских геолого-геофизических практик под эгидой ЮНЕСКО.

Вопросы совершенствования подготовки геологов со среднетехническим образованием рассмотрены в докладе Ю.И.Горбачева (МГУ) и В.И.Охрименко (Роскомнедра).

Региональные проблемы развития высшего геологического образования в России обсуждались в ряде докладов. Проблемам геологического образования в Уральском, Сибирском и Дальневосточном регионах были посвящены доклады В.П.Алексеева, В.В.Бабенко, В.А.Серкова (Уральская горно-геологическая академия) и доклад Г.М.Татьянина (Томский университет). Авторы детально рассмотрели региональные проблемы приема и распределения студентов, кадровое обеспечение вузов, лабораторную базу, особенности учебно-методической работы, организацию учебных и производственных практик. Отмечены благоприятные тенденции в области трудоустройства выпускников в 1995 г., рост интереса молодежи к геологическому образованию. Высказаны пожелания к УМО университетов и инженерно-технических вузов о возрождении информационного межвузовского пространства путем создания банков данных по учебно-методическим пособиям; о целесообразности создания территориальных координационных центров по проблемам геологического образования; о поощрении талантливой творческой молодежи через систему грантов, устройство конкурсов и пр. Авторы высказали предложение в адрес Роскомнедра о возрождении приоритетного обеспечения вузов новейшим оборудованием, о координации кадровой политики в регионах, о превращении дискриминационной политики в отношении женщин как при приеме на работу, так и при прохождении практик.

Доклад В.Т.Трофимова, В.А.Богословского (МГУ), В.С.Сенашенко (Госкомвуз России), В.М.Швеца (МГГА) «Нужны ли в России новые образовательные Геологические центры, государственные и частные?» был посвящен наметившейся в последние годы тенденции к увеличению числа региональных вузов, желающих вести подготовку геологов. Детально рассмотрев

современные тенденции регионализации высшего образования, требования, предъявляемые к созданию новых его центров, а также схему регионального размещения геологических вузов, финансовый и содержательный аспекты проблемы, авторы пришли к следующим выводам: открытие новых центров высшего геологического образования должно осуществляться с большой осторожностью, поскольку существующая схема их регионального размещения близка к оптимальной, а финансирование уже действующих вузов недостаточно. Приоритет должен отдаваться созданию геологических факультетов в структуре уже успешно работающих государственных вузов. Только такой подход может обеспечить уровень высшего геологического образования, отвечающий федеральным требованиям государственных образовательных стандартов.

Положение специалистов-геологов на рынке труда рассмотрено Ю.И.Горбачевым (МГУ) и В.И.Охрименко (Роскомнедра). Отметив общее падение потребности в специалистах-геологах со средним и высшим образованием, авторы сделали вывод о надвигающейся опасности снижения уровня кадрового потенциала, необходимого для восполнения минерально-сырьевой базы России. Сегодня на первый план в профессиональном образовании выходят вопросы: чему учить, как и сколько учить, кому нужны специалисты? Нужна единая государственная политика в области среднего и высшего геологического образования, отвечающая потребностям геологической отрасли и общему рынку труда. Авторы подчеркнули необходимость создания конкретной системы подготовки специалистов-геологов, учитывающей потребности регионов. Существующий рынок труда располагает выпускниками 35 вузов и 12 техникумов, которые обеспечивают нужды 89 субъектов Российской Федерации в перспективе — насыщение этого рынка остается важнейшей проблемой профессионального геологического образования.

Конференция продолжила свою работу 20 марта 1996 г. в аудиториях МГТА. Состоялись заседания 7 секций: «Геология» (председатели Н.В.Короновский и В.М.Шейслер); «Геофизика» (председатели Д.С.Даев и В.К.Хмелевский); «Геохимия» (председатель В.С.Попов); «Гидрогеология, инженерная геология» (председатели В.А.Королев, В.М.Швец), «Геология и геохимия горючих ископаемых» (председатель Б.А.Соколов); «Техника и технология геологоразведочных работ» (председатели А.Г.Калинин и О.К.Ангелопуло); «Среднетехническое геологическое образование» (председатель В.И.Охрименко). Параллельно с работой секций под председательством В.Т.Трофимова было проведено заседание круглого стола «Проблемы экологической геологии».

На вечернем пленарном заседании выступили председатели секций и круглого стола с краткими докладами о результатах работы и с предложениями по обсуждаемому проекту решения конференции. Затем была объявлена общая дискуссия, в ходе которой участники конференции обменялись мнениями по обсуждавшимся проблемам. В частности, Р.Н.Соболев (МГУ) рассказал о международных связях в сфере высшего геологического образования. Г.А.Исаев (Иркутский университет) предложил учебно-методическим объединениям по геологическим специальностям курировать вопросы, связанные с работой вузов в школах. В.А.Всеволожский (МГУ) предложил продумать вопросы, связанные с объединением геологических специальностей, которые могут быть реализованы в университетах и технических вузах; дать расшифровку сферы деятельности бакалавра геологии; разработать требования, предъявляемые к бакалаврам, поступающим в магистратуру из других вузов; продумать возможность подготовки геологов в рамках направления «Экология и природопользование».

В качестве итогового документа конференция приняла решение, основное содержание которого сводится к следующим позициям.

1. Оргкомитету поручено обратиться в Госкомвуз России и Минобразования России с предложением о рассмотрении геологического образования как фундаментальной основы естественно-научного мировоззрения. Госкомвузу России рекомендовано дополнить концепцию фундаментального естественно-научного образования, включив геологию в число обязательных дис-

циплин фундаментального блока естественно-научных, гуманитарных и технических направлений высшего образования.

Минобразованию России предложено рассмотреть вопрос о введении дисциплины «Геология» в средних и «Основы геологии» в старших 10—11 классах средней общеобразовательной школы, создать программы этих дисциплин, пособие и учебник. Геологическим факультетам университетов и технических вузов рекомендовано усилить свое влияние на геологизацию среднего образования в школах, лицеях и колледжах своего региона, принимать участие в организации и проведении региональных и всероссийских геологических олимпиад.

2. Госкомвузу России рекомендовано включить специальность «Экологическая геология» в новый классификатор специальностей в соответствии с обоснованием, представленным УМО университетов и инженерно-технических вузов по геологическим специальностям.

3. Считая учебные и производственные практики неотъемлемой и обязательной частью высшего и среднего геологического образования, Госкомвузу России предложено рассмотреть вопрос о целевом финансировании этих практик отдельной строкой в смете финансирования вузов и техникумов, осуществляющих подготовку студентов геологического профиля.

4. Комитету по геологии и использованию недр рекомендовано:

при разработке Положения о механизме формирования и использования фонда на воспроизводство минерально-сырьевой базы России предусмотреть норматив отчисления средств на высшее и среднее профессиональное геологическое образование. Использовать эти средства для финансирования учебных и производственных практик, издания учебников и учебных пособий, приобретения приборов, оборудования и техники, повышения квалификации специалистов и др.;

предусмотреть в 1996—1997 гг. научно-тематические исследования по разработке государственной концепции профессионального геологического образования, увязав их с проблемой формирования кадрового потенциала для геологического изучения недр, развития минерально-сырьевой базы России и проблемам совершенствования государственных стандартов высшего образования;

обязать подведомственные научно-исследовательские институты обеспечивать вузы и техникумы всей издаваемой и утвержденной нормативно правовой и методической документацией по производству геологических работ, оформлению карт, разрабатываемой этими институтами.

5. УМО университетов и инженерно-технических вузов рекомендовано:

при переработке действующих в настоящее время ГОС бакалавров геологии и специалистов руководствоваться критериями качества образования и дать каждому студенту возможность выбора индивидуальной профессиональной образовательной программы по схеме 4,4 + 1,4 + 2;

предусмотреть в структуре новых ГОС специалистов, бакалавров и магистров геологии в качестве обязательных и элективных курсов такие дисциплины, как: Экономические и правовые основы недропользования, Государственное и региональное управление фондом недр (геологический менеджмент), Современные проблемы геологии, Геологический маркетинг, Международное горное и геологическое право и Геоинформатика для обеспечения международного образовательного уровня молодых специалистов;

составить перспективный план подготовки первоочередных учебников по дисциплинам направлений и общепрофессиональным дисциплинам;

поставить перед Госкомвузом России вопрос о необходимости выполнения приказов и распоряжений о финансировании работ, выполняемых УМО и их подразделениями по созданию новых учебных программ, учебных планов и учебных пособий в рамках действующих и перерабатываемых ГОС;

создать Координационный Совет УМО по высшему геологическому образованию для координации работ по составлению учебно-методической документации, нормативов и учебных пособий.

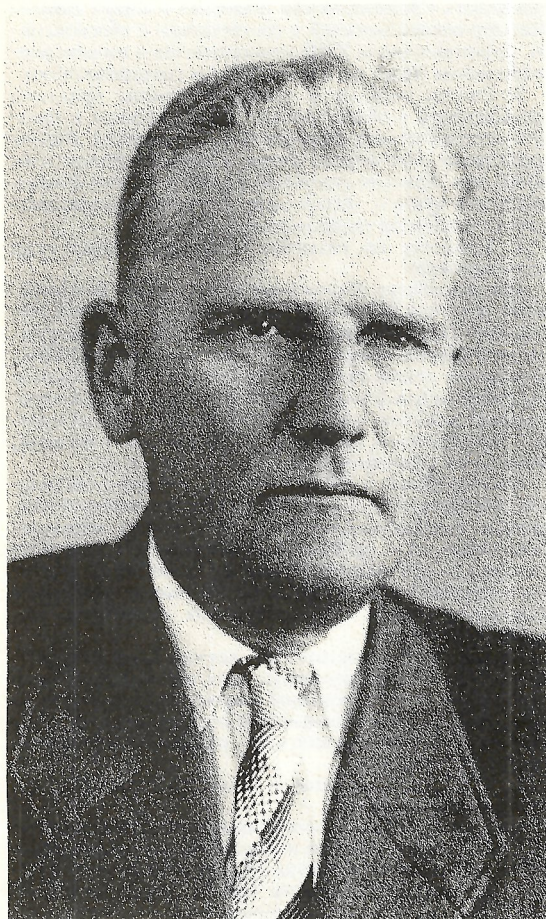
6. Геологическим факультетам университетов и тех-

нических вузов рекомендовать шире использовать возможности региональных органов Роскомнедра, Минприроды, других государственных и коммерческих организаций для модернизации учебного процесса, приобретения оборудования, проведения практик, трудоустройства выпускников.

7. Оргкомитету поручено обратиться в Правительст-

во России и Государственную Думу с письмом о состоянии геологического образования в России, отразив в нем недостатки финансирования, трудности сохранения научных школ, развития производственных работ, что приводит к оттоку молодых кадров и старению преподавательского корпуса.

Памяти Николая Николаевича Сочеванова



С именем Н.Н.Сочеванова (17.10.1910—16.03.1996) в нашей стране связано развитие биолокационных методов поисков месторождений полезных ископаемых.

Трудовую деятельность Н.Н.Сочеванов начал рабочим в Одессе, Ленинграде, а с 1930 г. стал работать в геологических организациях, одновременно учась на вечернем отделении Ленинградского Государственного университета. Высшее образование Н.Н.Сочеванов завершил заочно в ВИЗТО.

Значительная часть работы Н.Н.Сочеванова в геологии (1935—1949) протекала в организациях Дальстроя. Он был геофизиком, начальником партии, заведующим лабораторией, главным геологом, начальником рудника на Колыме, в Чаун-Чукотском геологоразведочном

управлении. В эти годы им был внесен вклад в технику разведки золотых и редкометалльных месторождений, в методику обобщения данных по региональной металлоносности, в оценку регионов Северо-Востока на полезные ископаемые.

В последующие годы Н.Н.Сочеванов последовательно работал в тресте «Союзспецразведка», ВИРГ, ВИМС, БГГЭ и ИМГРЭ. К этому времени он сложился как специалист геохимик-поисковик. С его участием создан альбом геохимической зональности 30 месторождений, методические указания по применению геохимических методов при поисках гидротермальных рудных тел, сделан большой вклад в создание «Инструкции по геохимическим методам поисков твердых полезных ископаемых» (1966).

Н.Н.Сочеванов был одним из немногих, кто обратил (1970) серьезное внимание на возможность использования биофизических полей для поисков месторождений. Соответствующий метод называется биолокационным и, имея внешнее сходство со старинным лозоходством, в его работах солидно теоретически обоснован, а впоследствии и аппаратурно оснащен. Интересно подчеркнуть, что внимание к биофизическим полям было не случайным. Николай Николаевич всегда увлекался комплексным геолого-геофизическим подходом к изучению и поискам месторождений.

Значительная часть деятельности Н.Н.Сочеванова (1976—1990) как геохимика- и биофизика-прикладника протекала в сфере научных исследований ИМГРЭ сначала в Бронницкой ГГЭ, а затем в самом институте. Все эти годы он посвятил развитию прикладной геохимии, был членом Межведомственного совета по научным основам геохимических методов поисков, организовал при институте группу биолокации, был председателем межведомственной комиссии по проблемам биолокационного эффекта. Комиссия провела 10 конференций, издавала массу информационных материалов, руководила подготовкой десятков энтузиастов-операторов.

В творческом активе Н.Н.Сочеванова не только научные труды, изобретения и диссертация. Он был участником открытия ряда месторождений — Иультинского, Валькумейского, Пыркаайских россыпей и ряда редкометалльных объектов.

Активная творческая и научно-организационная деятельность Н.Н.Сочеванова была в последние годы отмечена избранием его действительным членом Академии энерго-информационных наук.

Н.Н.Сочеванов посвятил себя науке, большое будущее которой еще только угадывается, но его самоотверженность, смелость предвидения и первые успехи служат хорошим примером для его учеников, последователей и коллег.

*Коллегия Роскомнедра
Ученый совет ИМГРЭ
Редколлегия журнала*

Contents

ORGANIZATION, MANAGEMENT, ECONOMICS, SUBSURFACE USE		<i>Milyayev S.A., Chekvaidze V.B.</i>	
<i>Sokolov B.A., Trofimov V.T., Grabchak L.G.</i>		Ion-potentiometric indicators of ore deposits . . .	41
Geological education and its role in the life of the present-day society	3	BOOK REVIEWS	
<i>Lapo A.V., Vdovets M.S.</i>		<i>Shcheglov A.D.</i>	
The problem of saving up the Russian geological heritage	6	The Atlas on the geology of gold and silver deposits	48
METALLIC AND NONMETALLIC MINERAL DEPOSITS		<i>Starostin V.I.</i>	
<i>Solodov N.A.</i>		A system of precious and base metals deposit models in a set of atlases	51
Formation types of rare-metal-bearing carbonatites	12	CHRONICLE	
<i>Khmeleva N.V., Vinogradova O.V., Sysoyeva S.M., Maors L.V.</i>		<i>Trofimov V.T., Sokolov B.A., Bogoslovsky V.A., Shvets V.M.</i>	
A technique of genetic analysis to study the structure of placers	18	The problems of geological education in Russia .	53
LITHOLOGY, PETROLOGY, MINERALOGY, GEOCHEMISTRY		Memorial to Nikolai N. Sochevanov	56
<i>Akimov A.G.</i>			
A unique Russian gemstone — charoite	25		