

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



ЦНИГРУ

Главный редактор

И.Ф.Мигачев



1/2006

ISSN 0869-5997

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО № 1

Уважаемые коллеги!

Центральный научно-исследовательский институт (ЦНИГРИ) и Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых (ЦНИИгеолнеруд) при поддержке Федерального агентства по недропользованию (Роснедра), Российского геологического общества (РосГео), Российской академии естественных наук (РАЕН) и Международной академии минеральных ресурсов (МАМР) проводят 4–6 апреля 2006 г. в Москве научно-практическую конференцию **«Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений на основе их комплексных моделей — достижения и перспективы»**.

Цель конференции — повышение эффективности реализации мероприятий по воспроизводству отечественной МСБ, предусмотренных среднесрочными и долгосрочными минерально-сырьевыми программами МПР России и Роснедра.

Задачи конференции:

- обобщение передового опыта проведения ГРП по воспроизводству минерально-сырьевой базы России и приросту запасов;
- оптимизация и координация работ по научно-методическому обеспечению и сопровождению федеральных ГРП;
- разработка научно-методических основ создания альтернативных минерально-сырьевых баз за счет выявления месторождений новых и нетрадиционных типов;
- разработка и реализация инновационных технологий ГРП.

Место проведения конференции: ЦНИГРИ, 117545, Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1.

Контактный телефон: 315–43–47.

Факс: 315–43–47, 313–18–18.

E-mail: tsnigri@tsnigri.ru, okt@tsnigri.ru.

Для участия в конференции приглашаются представители геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, научно-исследовательских институтов и вузов.

Регистрация участников производится без уплаты оргвзносов и без представления тезисов по прилагаемой форме до 1 марта 2006 г.

Программа конференции будет сформирована до 15 марта 2006 г.

Тексты принятых докладов, представленные на конференции, будут опубликованы в спецвыпусках журналов «Отечественная геология» и «Руды и металлы», или в виде отдельного сборника до конца 2006 г.

Желающие принять участие в конференции «Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений на основе их комплексных моделей — достижения и перспективы» направляют заполненную регистрационную форму в виде attach-file (в формате MS Word) в адрес Оргкомитета (E-mail: tsnigri@tsnigri.ru, okt@tsnigri.ru) с пометкой — Регистрационная форма: Ф.И.О. участника или по факсу (495) 315–43–47, 313–18–18

Регистрационная форма участника

Ф.И.О.			
Дата рождения:			
Ученая степень, ученое звание:	Должность:		
Название организации (полное и сокращенное):			
Адрес организации:	Почтовый индекс:	Город:	
	Улица:	Дом:	
Контакты:	Телефон: ()	Факс: ()	E-mail:
Название доклада:			
Авторы доклада:			

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



1/2006

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.МИГАЧЕВ

Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э.К.БУРЕНКОВ
В.И.ВАГАНОВ
С.С.ВАРТАНЯН
П.А.ИГНАТОВ
М.А.КОМАРОВ
М.М.КОНСТАНТИНОВ
А.И.КРИВЦОВ, зам. главного редактора
В.В.КУЗНЕЦОВ
Н.К.КУРБАНОВ
Е.В.МАТВЕЕВА
Г.А.МАШКОВЦЕВ
Н.И.НАЗАРОВА, зам. главного редактора
Г.В.РУЧКИН
Ю.Г.САФОНОВ
Г.В.СЕДЕЛЬНИКОВА
В.И.СТАРОСТИН



УЧРЕДИТЕЛЬ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
Роснедра
МНР России**

Издается при участии

Международной академии минеральных ресурсов,
Фонда им. академика В.И.Смирнова

Москва ЦНИГРИ 2006

Редакция: Н.И.Назарова, Г.В.Вавилова
Компьютерный набор, верстка и оригинал-макет: Г.В.Земскова, Н.И.Назарова

Сдано в набор 06.02.2006 г.
Подписано в печать 15.02.2006 г.
Тираж 400 экз.

Формат 60×88 1/8
Бумага офсетная № 1
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Факс: 313-18-18
E-mail: tsnigri@tsnigri.ru
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129, корп. 1

Доклады VIII Международной конференции «Золотодобывающая промышленность России. Состояние и перспективы развития».

Москва, 31 января - 3 февраля 2006 г.

Бавлов В.Н.

О состоянии отечественной минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых и перспективах ее развития

5

Михайлов Б.К.

Основные направления геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы благородных металлов

11

Карпенко Н.Б., Кобец В.И., Макурин В.Н., Михайлов С.Б., Неволин А.В.

Состояние и перспективы развития золотодобывающей отрасли Магаданской области

21

Прикладная металлогения

Дунаев В.А.

Сульфидное оруденение в докембрии Курской магнитной аномалии

25

Божко Н.А.

Тектонические обстановки локализации алмазосносных кимберлитов за пределами архейских кратонов

31

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

Эргашев Ш.Э., Пирназаров М.М.

Комплексирование дистанционных и геофизических методов для уточнения возрастной последовательности становления глубинных структур (на примере гор Нурагау)

42

Подгаецкий А.В., Котельников Д.Д.

Кристаллохимические аспекты преобразования слоистых силикатов в кимберлитах трубки Каток, Ангола

46

Presentations at the VIII International Conference «Russian gold mining. State and prospects of development».

Moscow, 31 January - February 3, 2006

Bavlov V.N.

State of domestic non-fuel minerals base and prospects of its development

Mikhailov B.K.

Major directions of geological exploration to replace precious metals' mineral base

Karpenko N.B., Kobets V.I., Makurin V.N., Mikhailov S.B., Nevolin A.V.

State and prospects of Magadan region gold mining development

Applied metallogeny

Dunayev V.A.

Precambrian-age sulfide mineralization within the Kursk magnetic anomaly

Bozhko N.A.

Tectonic settings of diamondiferous kimberlite localization outside Archean cratons

Methods and techniques of deposit prediction, prospecting, assessment and exploration

Ergashev Sh.E., Pirnazarov M.M.

Complexing of remote and geophysical methods to clarify age succession of deep-seated structure formation (exemplified by Nuratau mountains)

Podgayetsky A.V., Kotelnikov D.D.

Crystallochemical aspects of layered silicates transformation in kimberlites of Katoka pipe, Angola

Комплексное использование минерального сырья*Августинчик И.А.*

Освоение вторичного сырья металлов: мировые тенденции, роль и место России

58

Complex mineral use*Augustinczyk I.A.*

Development of secondary metallic materials: world trends, role and position of Russia

Поздравляем с юбилеем

Л.А.Николаеву, Г.В.Седельникову, Г.В.Земскову

75

Congratulations on anniversary

L.A.Nikolaeva, G.V. Sedelnikova, G.V. Zemskova

ДОКЛАДЫ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЗОЛОДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ». Москва, 31 января - 3 февраля 2006 г.

УДК 553 (470+571)

© В.Н.Бавлов, 2006

О СОСТОЯНИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ПЕРСПЕКТИВАХ ЕЕ РАЗВИТИЯ

В.Н.Бавлов (Роснедра МПР России)

Хорошо известно, что Россия — крупнейший в мире производитель и экспортер минерального сырья. В 2004 г. использование недр принесло государству более 1,4 трлн. руб. За счет минерально-сырьевого комплекса (МСК) формируется более 50% федерального бюджета и более 70% валютных поступлений от экспорта.

На современном этапе развития страны минерально-сырьевой комплекс является основной сферой промышленного производства — «локомотивом», способным поддерживать высокие темпы роста ВВП. Решить поставленную Президентом России В.В.Путиным задачу по удвоению национального ВВП невозможно без соответствующего увеличения производства в МСК.

Сырьевая ориентация отечественного экспорта — один из основных недостатков современной экономической модели развития, но это реалии, с которыми пока надо считаться. Именно сырьевые отрасли при освоении ресурсного потенциала предпочтительны для создания новых центров социально-экономического роста, а для этого необходима устойчивая сбалансированная в сфере использования воспроизводства минерально-сырьевая база (МСБ).

В июне 2005 г. МПР России утверждена «Долгосрочная государственная программа изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья» (ДГП). В нее вошли 35 основных видов полезных ископаемых (ПИ): топливно-энергетическое сырье, черные, цветные, легирующие, благородные металлы, алмазы и неметаллы. Цель государственных программных мероприятий — реализация «Основ государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования», утвержденных распоряжением Правительства РФ в 2003 г. Названная программа рассматривается как составная часть на-

циональной системы стратегий, реализующих приоритеты социально-экономического подъема страны: обеспечение устойчивого экономического роста, создание потенциала для поступательного развития, повышение уровня национальной минерально-сырьевой безопасности.

Соответственно, главные задачи реализации ДГП заключаются в:

обеспечении, как минимум, простого воспроизводства МСБ;

удовлетворении базовых отраслей экономики необходимым минеральным сырьем;

увеличении валютных поступлений от экспорта сырьевой продукции.

В ДГП оценка состояния отечественной минерально-сырьевой базы основывается на показателях использования и воспроизводства запасов полезных ископаемых, динамики запасов и прогнозных ресурсов, достигнутого уровня производства и потребления (включая экспорт-импорт) минерального сырья, а также на анализе использования фонда недр на лицензионной основе.

В современных экономических реалиях в МСБ РФ определились федеральные проблемы, от которых в конечном итоге зависят решение перечисленных выше задач и долгосрочное сбалансированное функционирование и развитие МСК страны.

Текущее состояние МСБ наиболее важных и ликвидных твердых полезных ископаемых находится под влиянием ряда негативных факторов, таких как:

неудовлетворительные ликвидность запасов части нераспределенного фонда недропользования, оставшегося от СССР, и уровень освоения некоторых полезных ископаемых при значительных объемах импорта;

значительное сокращение «поискового задела» перспективных площадей и объектов, наряду с

инертностью прогнозных ресурсов в плане вовлечения их в геологоразведочный процесс;

падающая добыча некоторых, даже ликвидных, полезных ископаемых и неполная компенсация добычи приростом запасов.

Одна из проблем состоит в том, что система недропользования, разделившая фонд недр на части различной хозяйственной привлекательности, вовлекла в лицензирование от 50 до 100% балансовых запасов ведущих полезных ископаемых, что в перспективе ведет к сокращению возможностей создания дополнительных горнодобывающих мощностей.

Приемлемый уровень монополизации запасов (обычно порядка 35%) превышен по половине полезных ископаемых (никель, алмазы, медь, платина, молибден, плавиковый шпат и др.). Этот негативный фактор сдерживает динамичную реализацию ресурсного потенциала и добычу, поскольку предприятия-монополисты в силу длительной обеспеченности запасами не имеют стимулов для их воспроизводства.

По ряду полезных ископаемых значительная доля запасов находится в нераспределенном фонде. Такое положение можно объяснить как недостаточной инвестиционной привлекательностью ранее выявленных запасов (Zn — 68%, Mo — 48%, Mn — 91%, Sn — 73%, бокситы — 50%), так и низкой ликвидностью отдельных полезных ископаемых (калийные и натриевые соли — 56%, фосфаты — 65%, железные руды — 42%).

Другая крупная проблема — неудовлетворительное состояние «поискового задела». Последний распространяется на подавляющее большинство ведущих полезных ископаемых и является закономерным следствием недофинансирования в прежние годы федеральным бюджетом геологоразведочных работ, а также недопониманием рядом недропользователей негативного для развития МСБ критического сокращения объемов поисково-оценочных и прогнозно-поисковых работ — наиболее значимых стадий ГРП для выявления месторождений.

По обеспечению нужд экономики страны и состоянию МСБ ведущие полезные ископаемые (с долей условности) можно разделить на три группы, различающиеся содержанием задач по достижению сбалансированного использования и воспроизводства сырьевой базы.

Первую группу образуют полезные ископаемые, добыча которых полностью обеспечивает внутреннее потребление и экспорт. Это железные руды, медь, натриевые и калийные соли, алмазы, золото, платина, никель, цинк, молибден, ванадий, руды

бора, магнетит. Задача по развитию минерально-сырьевой базы данной группы состоит в обеспечении устойчивого роста добычи, ее компенсации приростом запасов и сохранении позиций России на мировых сырьевых рынках. Угроза стабильному обеспечению запасами в близости сроков (2010–2015 гг.) истощения рентабельных эксплуатируемых запасов некоторых полезных ископаемых (россыпное золото, цинк, медь, никель, магнетит). Уровень угроз может быть снижен за счет освоения наиболее ликвидной части нераспределенного фонда, «реанимации» той его части, которая оказалась в современных экономических условиях неликвидной, на основе привлечения инновационных технологий освоения и получения прироста запасов на новых площадях.

Во вторую группу входят полезные ископаемые, добыча которых частично обеспечивает внутреннее потребление, во многом зависящее от импорта. Показательно, что эти полезные ископаемые добываются в недостаточных объемах при наличии значительных запасов, но обладающих низким качеством руд (марганец, хром, свинец, олово, барит, каолин, особо чистый кварц, бентонит, кристаллический графит, флюорит, фосфориты).

Для данной группы полезных ископаемых актуальна задача по выявлению более качественных месторождений, хотя геологических предпосылок для этого пока недостаточно. Необходимо решить проблему вовлечения в разработку крупных запасов марганцевых руд, свинца, хрома, а также возобновления добычи олова на «замороженных» месторождениях Дальневосточного региона.

Третья группа включает титан, тантал, ниобий, цирконий, отечественное потребление которых обеспечивается главным образом за счет импорта при весьма ограниченной добыче, несмотря на крупные запасы, хотя и относительно низкосортных, руд.

Улучшение качественных характеристик месторождений этих полезных ископаемых исходя из геологических особенностей в принципе возможно, но пока маловероятно. Для освоения разведанных запасов необходима реализация экономических мер, в том числе создание инфраструктуры в удаленных районах Дальнего Востока.

Первоочередными приоритетами в федеральном финансировании ГРП ранних стадий обладают полезные ископаемые первой группы с надвигающимися сроками истощения рентабельных эксплуатируемых запасов — алмазы, золото, никель, фосфатное сырье и калийные соли (в пределах сельскохозяйственной зоны). Задачи сводятся к укреплению и расширению сырьевой базы за счет создания «поискового задела» с целью удержания и наращи-

вания достигнутых уровней внутреннего потребления и экспорта.

Вторым уровнем приоритетности обладают полезные ископаемые, потребление которых обеспечивается импортом — руды марганца, хрома, титана, особо чистый кварц, цирконий, флюорит, барит, бентонит, каолин. Задачи видятся в выявлении альтернативных имеющимся сырьевых баз с целью снижения импортной зависимости ключевых отраслей промышленности и экономики России в целом.

По остальным твердым полезным ископаемым будут решаться локальные задачи, связанные с поддержанием мощностей добывающих предприятий и сохранением занятости населения, особенно на градообразующих объектах, в первую очередь в геополитически напряженных и удаленных регионах (Северный Кавказ, Дальний Восток и др.).

Для улучшения сбалансированности МСБ в соответствии с основами федеральной минерально-сырьевой политики и ДГП федеральный бюджет принимает на себя инвестиционные риски ранних стадий геологоразведочных работ, в результате которых воспроизводится фонд лицензионного недропользования.

В рамках средне- и долгосрочной программ согласованы федеральные мероприятия по достижению устойчивого баланса между потреблением минерального сырья и его запасами в недрах по модели простого (как минимум) воспроизводства. Их реализация осуществляется текущими (годовыми) программами геологоразведочных работ.

Главные задачи программ:

целевое выявление перспективных площадей, их опосредованное и оценка, достаточная для вклю-

чения в лицензионный фонд и дальнейшего получения прироста запасов;

создание альтернативных сырьевых баз за счет обнаружения месторождений известных и нетрадиционных типов;

укрепление минерально-сырьевых баз действующих предприятий для улучшения или стабилизации их работы;

создание научного опережения ГРП с реализацией прогрессивных технологий через научно-методическое обеспечение и сопровождение, включая разработку оптимизированных прогнозно-поисковых комплексов, актуализированных геохимических, геофизических, технологических и аналитических методов исследований.

Финансирование ГРП осуществляется из федерального бюджета и внебюджетных источников. Приоритетность перспективных регионов по изучению, реализации прогнозных ресурсов и воспроизводству минерально-сырьевой базы определяется не только геологическими, но также экономическими и социально-политическими факторами.

Базовой основой эффективного проведения геологоразведочных работ являются оцененные по состоянию на 2005 г. прогнозные ресурсы по 40 видам полезных ископаемых. Их апробация проведена ЦНИГРИ с участием других отраслевых НИИ в рамках разработанной системы мониторинга прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.

Оценке подверглись ресурсы двух тысяч объектов, распределение которых по субъектам РФ и полезным ископаемым показаны на рис. 1 и 2. При этом 60% объектов расположены в перспективных зонах Сибири, Дальнего Востока и 25% на территории Урала, т.е. там, где размещены основные мощ-

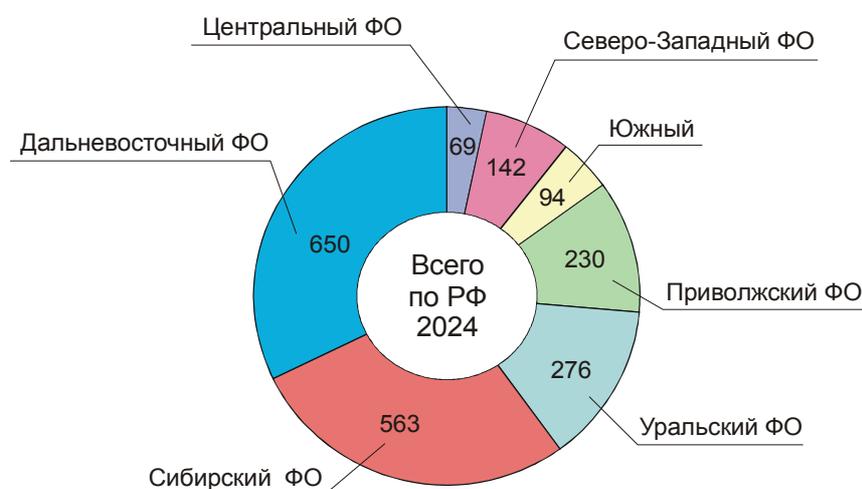


Рис. 1. Распределение объектов учета прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых по федеральным округам на 01.01.05 г.

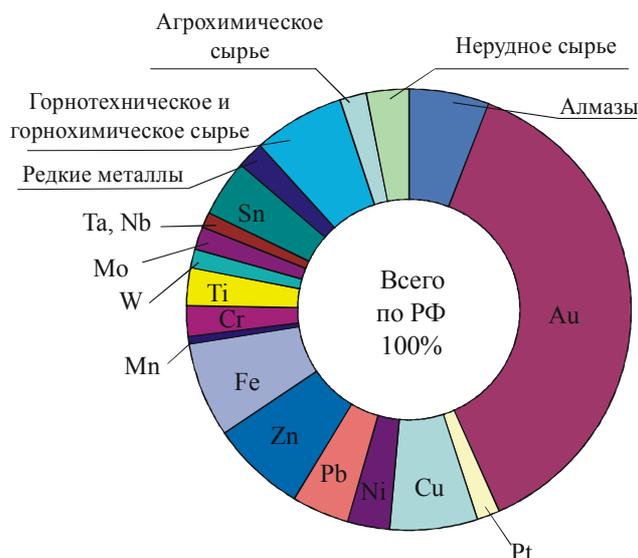


Рис. 2. Распределение объектов учета прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых по видам и группам ПИ

ности цветной металлургии и где в первую очередь необходимо активизировать геологоразведочные работы.

Результаты региональных геолого-съемочных и геологоразведочных работ по программам 2003–2005 гг. обнадеживают. По апробированным на 01.01.05 г. прогнозным ресурсам выделяются четыре группы полезных ископаемых: с ростом ресурсов кат. P_1 (свинец, бентонит, золото, хромовые руды — всего 9 ПИ); с ростом ресурсов кат. P_2 (молибден, золото, калийные соли, фосфаты — всего 6 ПИ); без изменения ресурсов за этот период — 24 ПИ (по подавляющему большинству из них ГРР не проводились); с убылью ресурсов вследствие перевода их в более высокие категории или оперативные запасы кат. C_2 и частичного неподтверждения по геологическим причинам (таблица).

Для примера — результативность реализации прогнозных ресурсов по коренному золоту в пересчете на условную категорию C_2 составила 2,5 раза к уровню добычи за 2004 г., что вселяет определенный оптимизм в части эффективности оперативных программных мероприятий, системы их сопровождения и контроля за качеством и методикой выполнения работ.

Результативность ГРР по второй группе приведена на рис. 3 (калийные соли, фосфаты, золото и хромовые руды).

Перспективы выявления новых объектов для лицензионного недропользования и развития МСБ характеризуются таким показателем, как «вовлеченность» ресурсов в геологоразведочный процесс. На рис. 4 показана вовлеченность ресурсов кат. P_2 за счет средств ВБИ и федеральных текущих прог-

Группировка твердых полезных ископаемых Российской Федерации по изменению состояний их прогнозных ресурсов с 01.01.03 г. до 01.01.05 г.

Группы полезных ископаемых	Полезные ископаемые
1 — рост прогнозных ресурсов кат. P_1 — 9 ПИ	Свинец, бентонит, золото, медь, плавиковый шпат, хромовые руды, калийные соли, олово, фосфаты
2 — рост прогнозных ресурсов кат. P_2 — 6 ПИ	Молибден, алмазы, золото, хромовые руды, калийные соли, фосфаты
3 — без изменения прогнозных ресурсов всех категорий — 24 ПИ	Металлы платиновой группы, сурьма, никель, волластонит, каолин, барит, марганцевые руды, графит, тальк, стекольные пески, слюда мусковит, титан, бокситы, апатиты, асбест, магнезит, цеолиты, железные руды, высококалийное полевошпатное сырье, ниобий, борные руды, брусит, германий, сера самородная
4 — убыль прогнозных ресурсов по отдельным категориям — 10 ПИ	Вольфрам (P_2), цинк (P_3, P_2, P_1), свинец (P_2), золото (P_3), медь (P_3, P_2), плавиковый шпат (P_2), цирконий (P_1), олово (P_3, P_2), редкоземельные металлы (P_2), тантал (P_1)

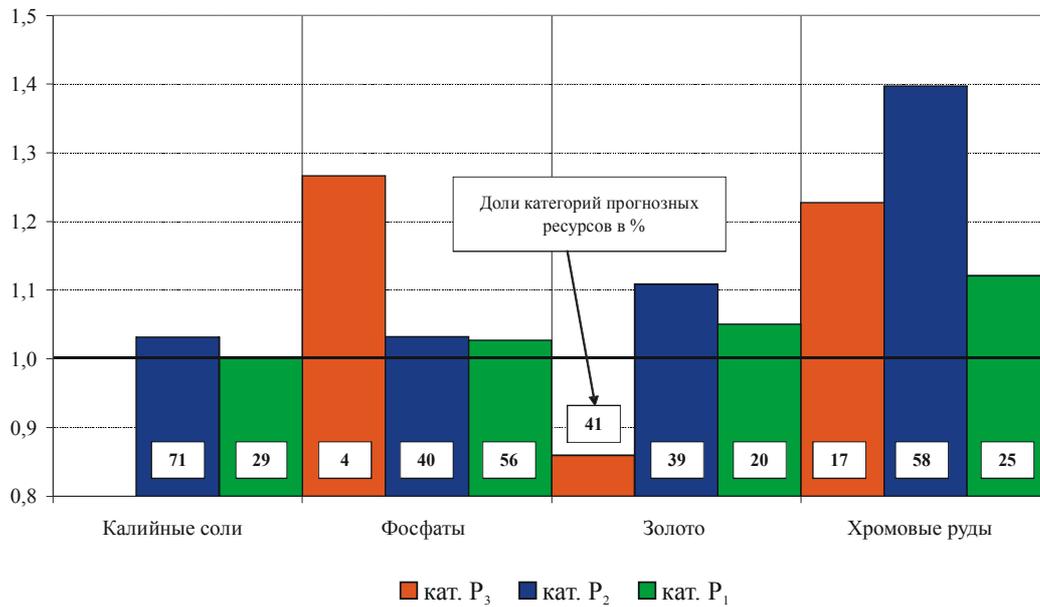


Рис. 3. Изменение состояния прогнозных ресурсов различных категорий с 01.01.03 г. по 01.01.05 г. по группам полезных ископаемых

рамм. По большинству ПИ в процесс поисков и оценки включено пока около одной трети части ресурсов. Дальнейшая массивная реализация их прогнозных ресурсов неизбежно должна завершиться обнаружением новых объектов, как это было в до-реформенные годы создания сырьевой базы СССР.

В целом ресурсная база 40 видов ПИ обеспечивает решение задач ДГП до 2020 г.

Однако поставленные задачи по своей масштабности требуют весьма значительных затрат как со стороны государства, так и недропользователей, включая иностранных инвесторов. В настоящее время объемы привлечения иностранных инвестиций в российский минерально-сырьевой сектор незначительны и не соответствуют его потенциалу. Иностранные компании в России прежде всего ин-

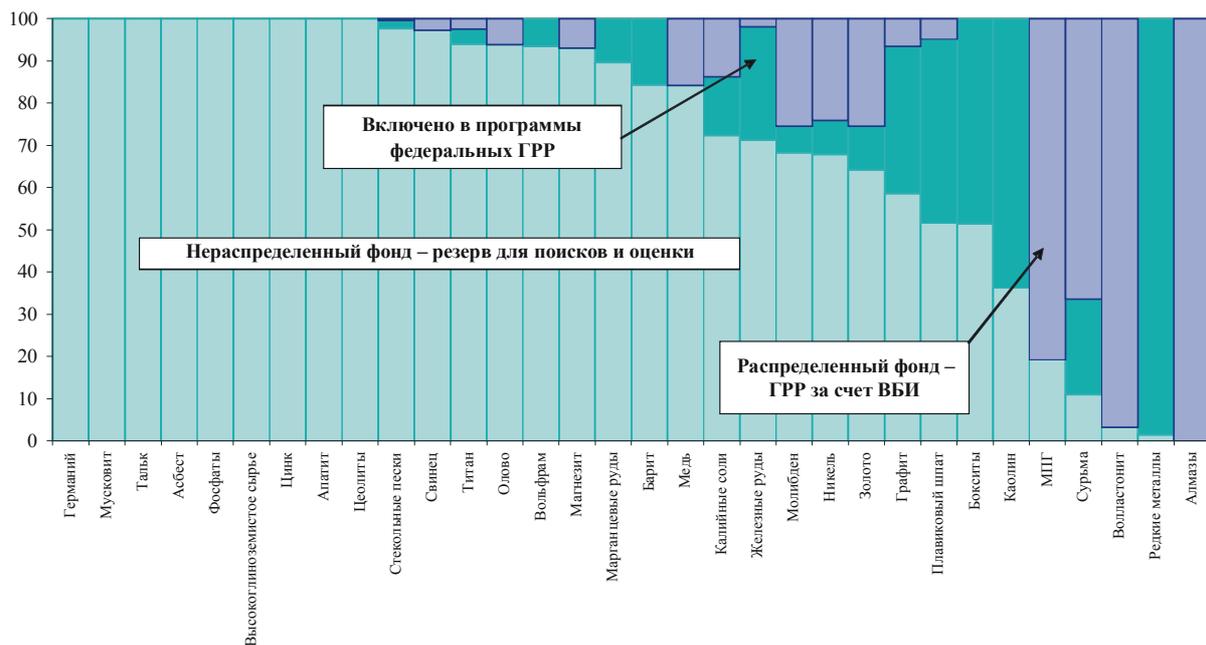


Рис. 4. Вовлеченность прогнозных ресурсов категории P₂ в ГРП

тересует ликвидное минеральное сырье, которое может обеспечить возврат капиталовложений в короткие сроки. Поэтому основной интерес вызывают проекты по благородным металлам. Судя по опубликованным данным, сегодня в золоторудные месторождения России вкладывают инвестиции девять иностранных компаний, среди которых такие известные, как Vema Gold (Канада), Peter Hambro (Великобритания) и другие с рыночной капитализацией от 300 до 900 млн. дол. В 2002–2004 гг. инвестиционные вложения в российскую золотодобычу составили 680 млн. дол., в том числе иностранными инвесторами — 254 млн. дол. (37%), ОАО «Норильский никель» — 426 млн. дол. (62%), при средней цене приобретенных запасов и ресурсов немногим более 1 дол./г (Норникелем — 0,35 дол./г).

Представители отечественного горного бизнеса отчетливо понимают и делают практические шаги к изучению новых участков недр и месторождений, в том числе и тех, которые относятся к категории длительно окупаемых проектов. Такие сложные задачи берет на себя, прежде всего, крупный недропользователь — ЗАО «Полюс» и др.

По итогам прошлого года можно с уверенностью сказать, что, несмотря на значительное увеличение масштабов работ, удалось сохранить рациональную технологическую последовательность поисков и обратить основное внимание на изучение объектов и проблем федерального значения. Важно и то, что при проектировании работ каждой стадии центральное место занимали обоснованность задач и их логическая завершенность. С одной стороны, это способствовало концентрации средств на одном объекте в среднем от 9,8 до 12,6 млн. руб., а с другой — обеспечило более высокую достоверность реализуемых прогнозных ресурсов.

При выполнении работ 2005 года при трехкратном увеличении средств федерального бюджета приоритетность решения задач выглядела следующим образом.

Структура затрат по видам полезных ископаемых отвечает задачам ДГП и сложившейся конъюнктуре участков недр на рынке лицензирования. К приоритетным отнесены высоколиквидные (золото, серебро, платиноиды, алмазы, медь) и остроде-

фицитные (хромовые, марганцевые руды, урановое сырье, некоторые виды неметаллов) виды сырья. На уровне необходимого финансирования остаются работы на редкие металлы, большинство неметаллов и уголь.

Заметную роль (около 20%) играли исследования опережающего геохимического, геофизического (масштаб 1:200 000–1:50 000) и производственно-тематического характера, способствующие более обоснованному и рациональному размещению в перспективных районах объектов прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ.

Основные результаты поисковых работ сводятся к следующему.

Выделена новая перспективная Северо-Алтайская золоторудная зона. Это в корне меняет традиционные представления о полиметаллической специализации региона и существенно повышает его общую ценность и инвестиционную привлекательность. Продолжены работы по обоснованию Восточно-Забайкальской сурьмянорудной провинции, потенциал которой соответствует единственному разрабатываемому в России Сарылахскому рудному району в Якутии. Выявлены новые объекты с урансодержащими рудами в Иркутской области, что позволило по-новому оценить стратегическую роль Северо-Прибайкальского уранорудного района. Решается проблема возможной переоценки с новых позиций золоторудных минерализованных зон с низкими содержаниями в Яно-Колымской золоторудной провинции. Первопроходцем здесь является ЗАО «Полюс» на Наталкинском месторождении.

В программу ГРП на 2006 г. дополнительно к переходящим проектам по рекомендации конкурсной комиссии включены еще 45 перспективных объектов на медь в Башкирии, никель на Северном Тимане, олово в Восточной Якутии, свинец и цинк на Алтае, золото на Кавказе, Урале, Енисейском кряже, Восточном Саяне и в других районах. Затраты федерального бюджета предполагается увеличить еще в 1,5 раза.

Дальнейшая концентрация поисковых и оценочных работ, несомненно, должна повысить эффективность использования инвестиций федерального бюджета и воспроизводство МСБ России.

УДК 553.411 / .412.04:550.812.1

© Б.К.Михайлов, 2006

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПО ВОСПРОИЗВОДСТВУ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Б.К.Михайлов (Роснедра МПР России)

Значение благородных металлов в современной российской экономике переоценить сложно. На фоне массового спада производства большинства твердых полезных ископаемых в последние годы, а порой и полного его прекращения, добычу золота, серебра, платиноидов и алмазов к настоящему времени удалось не только восстановить в доперестроечных объемах, но и где-то даже превзойти их. Как известно, в недалеком прошлом это способствовало своевременному решению ряда социально-политических проблем общества, а в будущем — создает определенные предпосылки для реанимации отечественного горнопромышленного комплекса.

Необходимо отметить, что практически 15-летнее взаимодействие государства и бизнеса в сфере благороднометалльного (и прежде всего золотого) минерально-сырьевого комплекса привело ко многим позитивным изменениям отечественного горного законодательства, способствовавшим достижению относительной сбалансированности вопросов производства и воспроизводства на государственном и коммерческом уровнях. На примере золота последовательная реализация этих принципов дает все основания говорить о том, что в «золотом» минерально-сырьевом комплексе страны имеются

все условия и предпосылки не только для устойчивого роста добычи, но и ее значительного увеличения.

Значительная (около 45%) доля россыпей в общем балансе золотодобычи на рубеже 2010–2015 гг. может резко измениться в пользу объемов добычи из коренных месторождений (до 80–90%). Естественно, это накладывает на геологоразведку большие обязанности по сохранению и поддержанию минерально-сырьевой базы, максимально полному раскрытию ее огромного потенциала.

В 2005 г. геологоразведочные работы за счет средств федерального бюджета производились на 28 видов твердых полезных ископаемых, из которых 17 относятся к стратегическим. На эти цели по сравнению с предыдущим годом ассигнования федерального бюджета были увеличены практически втрое (рис. 1). Для понимания общей картины ниже приводится характеристика основных результатов работ по государственным контрактам Федерального агентства по недропользованию по всему комплексу изучавшихся твердых полезных ископаемых. При этом особо выделяются работы на благородные металлы, на укрепление минерально-сырьевой базы которых ежегодно направляется более половины

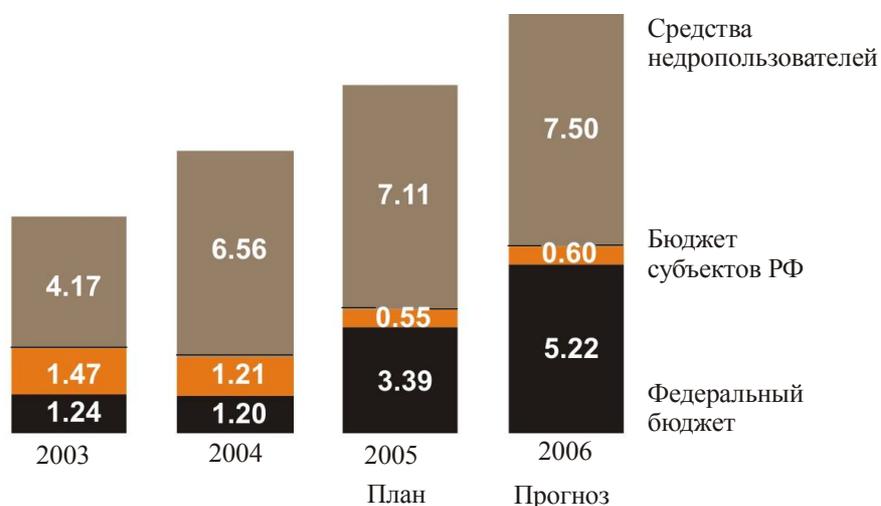


Рис. 1. Динамика финансирования ГРП на твердые полезные ископаемые в 2003–2006 гг., млрд. руб.

всех средств: из 264 действовавших объектов геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые 134 — это благородные металлы и алмазы.

Направления расходов по видам полезных ископаемых (рис. 2) соответствуют «Долгосрочной государственной программе изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья» (утверждена приказом № 10

и вовлечению в круг исследований и более широкого спектра полезных ископаемых.

Распределение средств по субъектам Российской Федерации (рис. 5) отражает их доказанный потенциал, вклад в формирование федерального бюджета, традиционный профиль экономического развития, социально-экономические и геополитические аспекты. При этом около 45% всех ассигнований было сконцентрировано в шести субъектах:

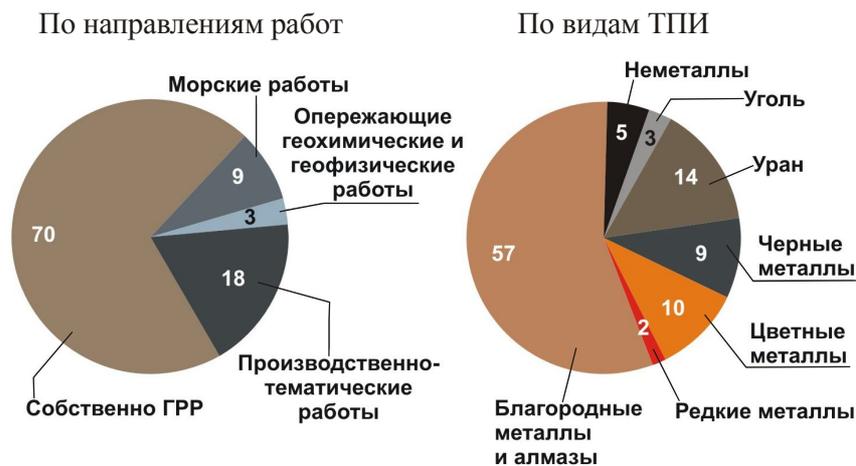


Рис. 2. Структура затрат на ГРП в 2005 г. на твердые полезные ископаемые, %

МНР России от 08.06.05) и сложившейся конъюнктуре участков недр на рынке лицензирования. Приоритетными, как и в предыдущие годы, оставались высоколиквидные (золото, серебро, платиноиды, алмазы, медь) и остродефицитные (черные, цветные металлы, урановое сырье, некоторые виды неметаллов) виды сырья; на уровне необходимого присутствия — работы на редкие металлы, уголь, неметаллы.

Среди федеральных округов средства были распределены в соответствии с их минерагеническим потенциалом, инфраструктурой и традиционным профилем развития экономики (рис. 3). Лидируют Сибирский и Дальневосточный округа (64%) с явным преобладанием доли работ на благородные металлы, далее следуют Уральский и Приволжский (15%), концентрирующие свои усилия на медноколчеданных, золоторудных объектах и объектах дефицитных нерудных полезных ископаемых.

Внутри федеральных округов затраты по видам полезных ископаемых складываются следующим образом (рис. 4). Доля благородных металлов закономерно возрастает там, где сложнее географо-экономическая ситуация (Дальний Восток, Сибирь). Более благоприятные экономические условия Урала, Приволжья, Северо-Запада России способствуют

Республике Саха (Якутия), Красноярском крае, Республике Бурятия, Магаданской, Иркутской, Читинской областях. Повышенный интерес к освоению минерально-сырьевой базы этих регионов проявляет и горный бизнес в лице таких крупных компаний, как «Алроса», «Полюс», «Норильский никель», «Бурятзолото». В то же время, на представленном графике, несмотря на формально высокий минерагенический потенциал недр, отсутствуют Хабаровский край, Мурманская, Камчатская области и ряд других субъектов. Объяснением этому служит несбалансированность политики лицензирования и геологического изучения недр данных регионов, проводимой руководством территориальных органов Федерального агентства по недропользованию и администраций субъектов.

Основные результаты поисковых работ на твердые полезные ископаемые, полученные в 2005 г. в условиях трехкратного увеличения средств федерального бюджета, стабильного финансирования и максимальной технологической нагрузки каждого объекта необходимыми видами и объемами исследований, заключаются в следующем.

Принципиально важным явилось выделение новых объектов и обоснование оценок известных рудно-металлогенических зон и районов, реализация

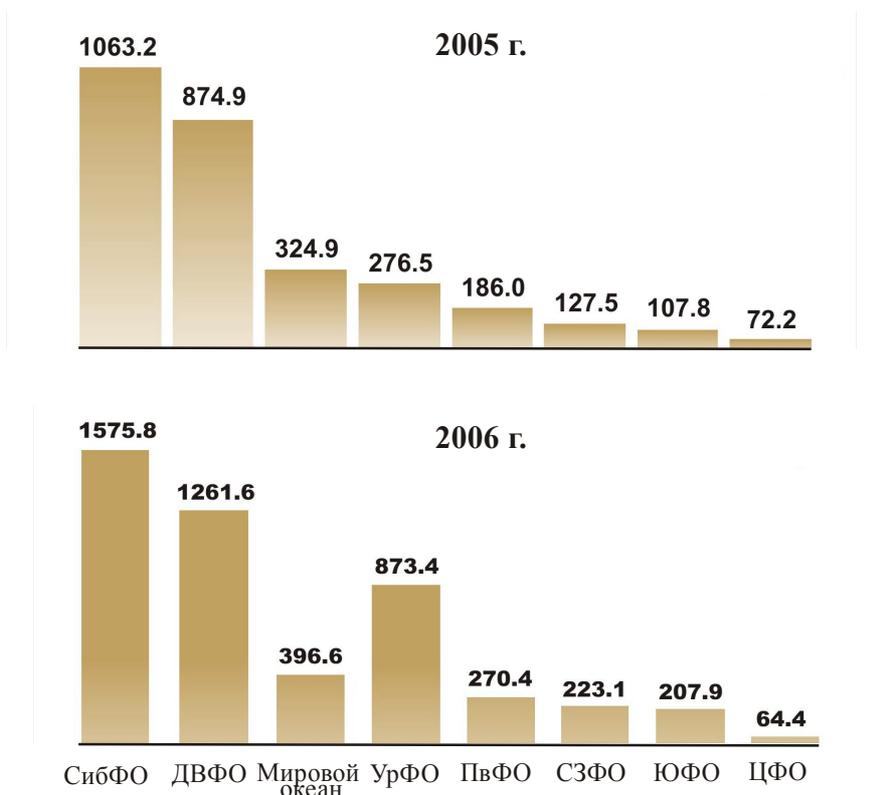


Рис. 3. Распределение средств федерального бюджета на ГРР на твердые полезные ископаемые среди федеральных округов и в Мировом океане, млн. руб.

потенциала которых способна улучшить ситуацию в минерально-сырьевом комплексе отдельных видов полезных ископаемых. Перспективы каждого из этих таксонов подтверждаются выявлением и оценкой реальных промышленно значимых объектов.

На юге России (рис. 6) выделена *Ставропольская титан-циркониевая провинция*. Исходя из полученных данных ее россыпные месторождения обладают лучшими характеристиками по сравнению с известными отечественными объектами, а их общий потенциал в случае активного освоения позволит полностью освободиться от импортных поставок этих видов сырья. Значение открытия подтверждается перспективами Айгурского и Гофицкого проявлений, практически подготовленных к лицензированию, а также Бешпагирского месторождения, находящегося в стадии подготовки к освоению.

Обосновано выделение *Северо-Алтайской золоторудной зоны*, в корне меняющей традиционные представления о рудной (полиметаллической) специализации этого региона, что существенно повышает его общую ценность и инвестиционную привлекательность. Обоснование получено в ре-

зультате геохимической съемки всей площади и локальных поисковых работ, которыми в 2005 г. выявлены новые перспективные золоторудные объекты с прогнозными ресурсами золота на уровне 20–80 т в пределах Ново-Фирсовского и Майско-Лебедского рудных районов. Кроме того, на участке Сурич за счет средств недропользователя (ЗАО «Бурятзолото») в 2005 г. получены данные о наличии богатых руд эпitherмального золото-серебряного типа в девонских вулканогенных образованиях.

Разрозненные сведения о золотопроявлениях на Северном Кавказе имелись и ранее, но только в 2005 г. с появлением системных знаний о золотоносности черносланцевых и вулканогенных образований стало возможным обособление *Северо-Кавказской и Днепрово-Донецкой золоторудных зон*, характеризующих собой разные типы геологоструктурных обстановок. Если прежде перспективы Северного Кавказа традиционно связывались с освоением месторождений цветных металлов, а Днепрово-Донецкого авлакогена — угольных, то накопление новых данных о промышленной золотоносности Учкуланского, Кардан-Куспартинского,

Грушевско-Кадамовского, Барило-Крепинского, Керчикского и других участков позволяет рассчитывать на выявление здесь рентабельных месторождений с запасами от 30 до 50 т.

Учитывая же многокомпонентность последних открытий (титан-циркониевые россыпи, золото,

бентониты, различные виды нерудных полезных ископаемых, полиметаллы, углеводородное сырье), представляется возможным поставить вопрос о создании на юге России нового территориально-промышленного комплекса, ориентированного на комплексное освоение недр территории.

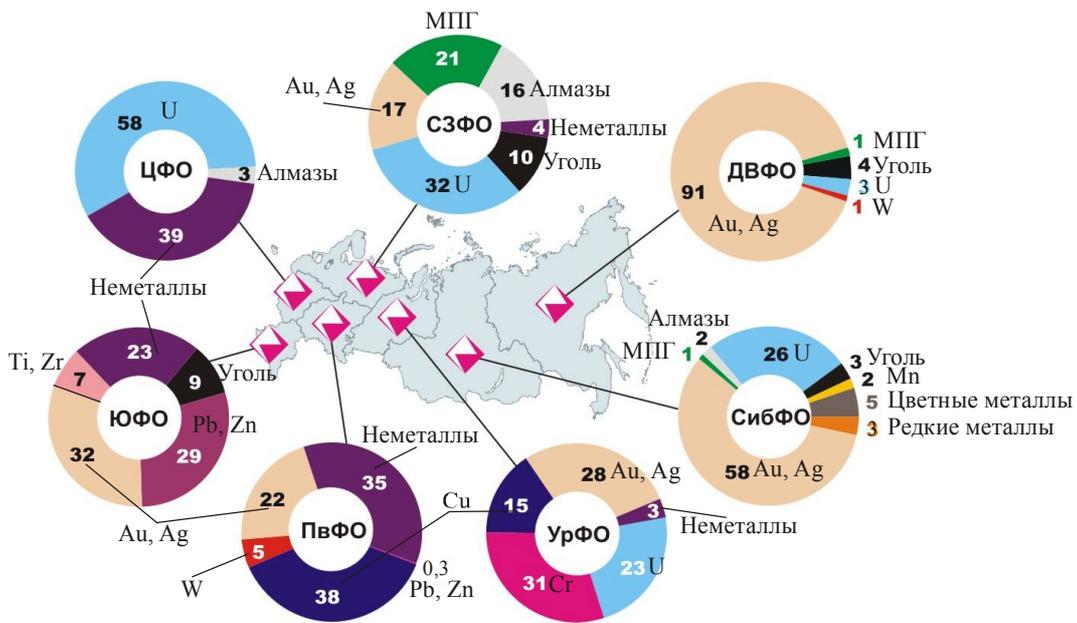


Рис. 4. Распределение средств федерального бюджета на ГРР по видам твердых полезных ископаемых на территориях федеральных округов в 2005 г., %

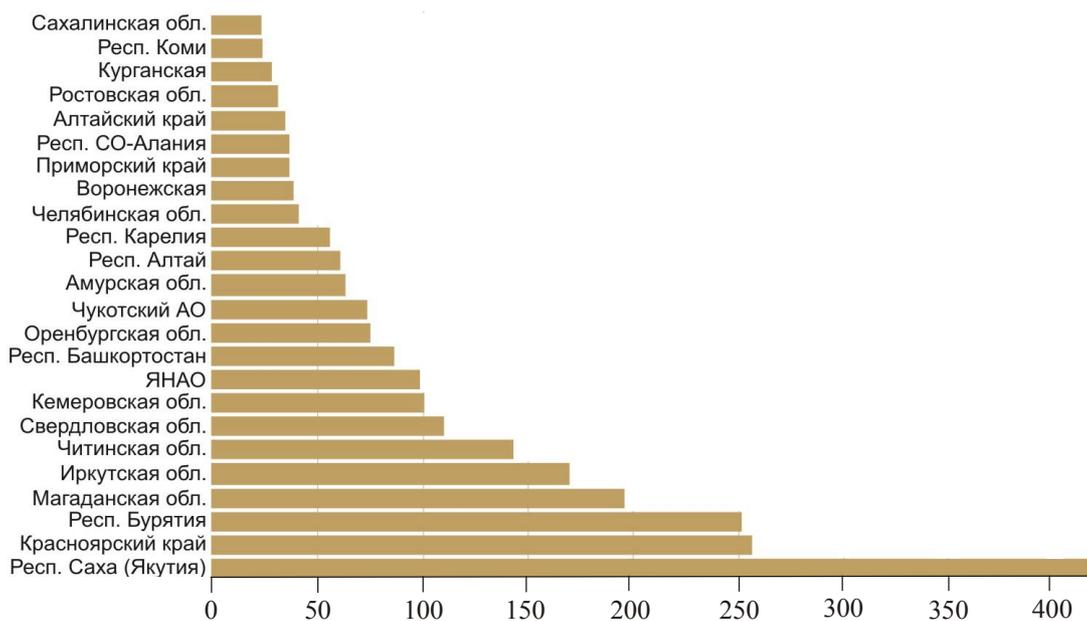


Рис. 5. Распределение затрат федерального бюджета на ГРР на твердые полезные ископаемые среди субъектов РФ в 2005 г., млн. руб.



Рис. 6. Основные результаты поисковых работ на твердые полезные ископаемые в 2005 г. на западе страны

Забайкальская сурьмянорудная провинция на юге Сибири (рис. 7) по своему потенциалу соразмерна Сарылахскому рудному району в Якутии. Открытия на Солонцовой площади создают предпосылки проектирования здесь современного горно-металлургического предприятия, способного

обеспечить нужды отечественных потребителей, а также обеспечить экспорт сурьмяной продукции на мировой рынок.

Западно-Верхоянская серебрянорудная провинция постепенно оформилась в качестве мощной резервной базы, способной в полном объеме заместить

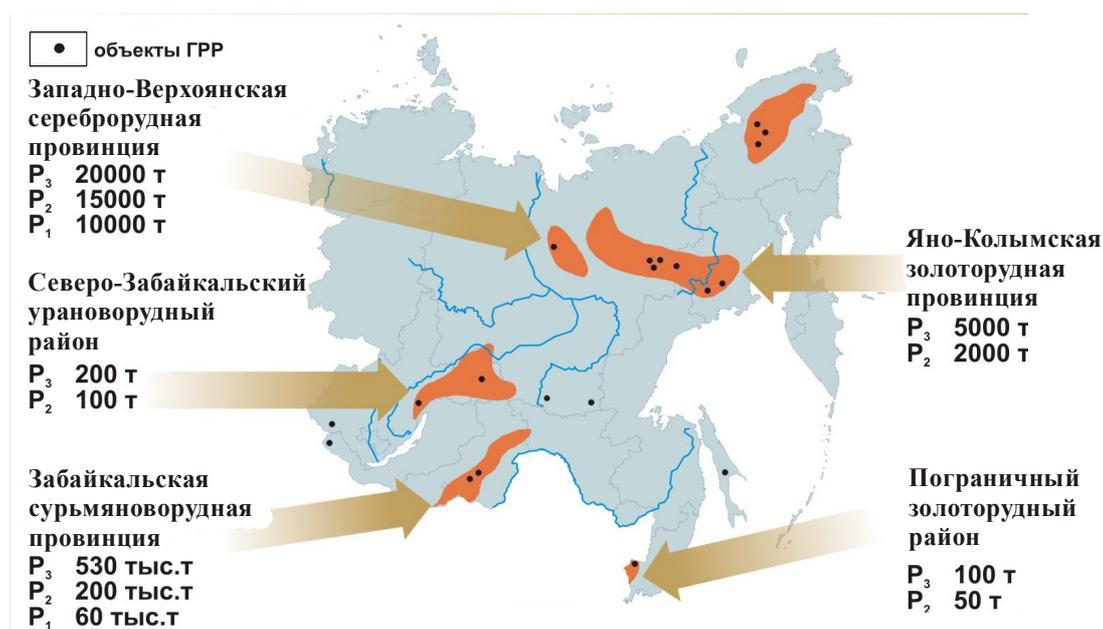


Рис. 7. Основные результаты поисковых работ на твердые полезные ископаемые в 2005 г. на востоке страны

осваиваемые месторождения Магаданской области или же стать дополнительным центром серебродобычи в стране. Оценивая значимость открытий богатых серебряных руд, можно говорить о далеко неполно раскрытом потенциале Дальневосточного региона, в том числе на нетрадиционные типы месторождений.

Пограничный золоторудный район в Приморском крае за два года исследований вошел в число инвестиционно привлекательных. Долгое время он оставался недоступным для геологов, и сейчас есть уверенность, что на металлогенической карте России появится новая перспективная территория.

Яно-Колымская золоторудная провинция обретает свое новое рождение. Есть все основания считать, что уникальная золотороссыпная провинция мирового класса, находящаяся в режиме стремительно падающей добычи, постепенно приобретает черты гигантской золоторудной провинции. С одной стороны, работами ЗАО «Полнос» на Наталкинском месторождении обосновывается возможность освоения его по схеме крупнообъемного объекта, способного обеспечивать до 30–40 т годовой добычи, а с другой — исследования, выполняемые за счет федерального бюджета в Магаданской области и Якутии, существенно расширяют круг такого рода объектов и увеличивают золоторудный потенциал провинции в десятки раз.

Новые находки объектов с богатыми урано-содержащими рудами в Аkitканском и Бульбухтинском рудных районах Иркутской области позволили по-новому оценить стратегическое значение *Северо-Прибайкальского урановорудного района* и пос-

тавить вопрос об изменении приоритетов в планировании работ этого направления с акцентом на изучение проявлений эндогенного типа. Дальнейшее наращивание здесь объемов ГРР позволяет рассчитывать на получение результатов, кардинально меняющих ту критическую ситуацию, которая складывается в стране с запасами урана. В целом, оценивая результаты геологоразведочных работ на уран в последние 15 лет, необходимо признать, что, несмотря на высокую оценку перспектив, отсутствие ярких положительных результатов в стране связано с рядом причин идеологического, организационного и методического плана.

Таким образом, в результате поисковых работ 2005 года обоснованы и существенно расширены перспективы девяти новых рудно-металлогенических таксонов, имеющих принципиально важное значение для укрепления отечественной минерально-сырьевой базы.

Наряду с перечисленными достижениями, характеризующими результаты работ на новых территориях и направлениях, в 2005 г. были продолжены работы по развитию потенциала известных рудных районов страны. При этом, наряду с очевидными успехами по большинству полезных ископаемых, имеются и отрицательные результаты. В частности, сохраняются проблемы улучшения марганцеворудной и урановорудной баз страны, расширения минерально-сырьевой базы цветных металлов старых действующих горнорудных предприятий.

Говоря о золоте (рис. 8), необходимо отметить, что впервые за последние 15 лет в России наконец-то получены значительные приросты запасов, кото-



Рис. 8. Основные результаты поисковых работ на золото в 2005 г.

рые почти вдвое перекроют ожидаемый годовой объем добычи. Это стало возможным за счет учета государственным балансом запасов новых месторождений — более 220 т на Благодатном в Красноярском крае (ЗАО «Полюс») и 90 т на Куполе в Чукотском АО (ЗАО «Чукотская ГДК»).

Федеральные интересы по золоту определяют необходимость создания нового ликвидного фонда объектов недропользования, выявления экономически доступных для освоения объектов, в первую очередь коренных месторождений традиционных типов в районах с развитой инфраструктурой; малораспространенных и нетрадиционных типов, допускающих крупнообъемную добычу руд с прогрессивными технологиями их переработки; россыпных месторождений в новых районах и в зонах интересов действующих предприятий для стабилизации их добывающих мощностей.

Основные объемы бюджетных ассигнований (49–63%) в последние годы направляются на геологоразведочные работы, ориентированные на выявление крупнообъемных месторождений золото-сульфидных и золото-кварцевых руд в терригенных и терригенно-карбонатных комплексах (на Среднем Урале, в Республике Башкортостан, Горном Алтае, Красноярском крае, Республике Саха (Якутия), Магаданской области, Северо-Байкальском районе и др.). Как правило, эти месторождения при невысоких (2–4 г/т) средних содержаниях золота характеризуются значительными запасами (100 т и более) и могут обеспечить устойчивое развитие целых регионов. В этой связи особый интерес представляет ряд известных объектов ведущих золоторудных провинций России, оцененных ранее в су-

ществовавших тогда экономических условиях. В первую очередь это относится к известным российским гигантам — Наталкинскому и Сухоложскому месторождениям. Только их переоценка по модели крупнообъемной добычи способна обеспечить за один-два года прирост запасов в объеме около 1500 т!

Всего же по итогам 2005 г. в разряд высокоперспективных на выявление золоторудных месторождений включена серия новых объектов, причем не только в восточных регионах страны (см. рис. 8).

Оценивая результативность поисковых работ начальной стадии на твердые полезные ископаемые, следует констатировать достаточную высокую их эффективность, которая сопоставима с лучшими годами советского периода. Такой результат был получен благодаря оптимальному планированию работ в предыдущие три года, тщательному научному обоснованию участков и площадей, вовлекаемых в геологоразведочный процесс и, безусловно, эффективной работе предприятий, выполнявших государственный заказ в условиях стабильного финансирования.

Вместе с тем, следует отметить, что основная проблема отечественного минерально-сырьевого комплекса — отсутствие компенсирующих добычу приростов запасов практически по всему комплексу полезных ископаемых — сохраняется и по сей день.

В первую очередь, это обстоятельство связывается с неэффективной работой по воспроизводству запасов большинства видов полезных ископаемых. В целом 2005 год не изменил отрицательные тенденции, показывающие динамику соотношения показателя прирост – добыча. Исключение составля-

	Вид полезного ископаемого	Количество выданных свидетельств о факте открытия месторождения
U	Уран	0
Cr	Хромовые руды	2
Mn	Марганцевые руды	8
Al	Бокситы	0
Cu	Медь	0
Pb,Zn	Свинец, цинк	1
Ni,Co	Никель, кобальт	1
Ta,Nb	Тантал, ниобий	1
Sn	Сурьма	0
Au	Золото рудное	6
Au	Золото россыпное	35
Ag	Серебро	2
Pt	Платиноиды	1
◆	Алмазы	1
TR	Редкие металлы	0
◆	Особо чистый кварц	0

Рис. 9. Эффективность геологического изучения недр за счет средств недропользователей в 1995–2005 гг.



Рис. 10. Структура затрат на ГРП на твердые полезные ископаемые в 2006 г., %

ет, как уже говорилось, лишь золото. Длительное время проедаются запасы урана, меди, никеля, золота, платиноидов, алмазов и других полезных ископаемых.

По предварительным оценкам в 2005 г. на геологоразведку на твердые полезные ископаемые компаниями израсходовано около 7,1 млрд. руб. Много это или мало, как и на что они потрачены, почему длительное время отсутствуют новые отк-

рытия, несмотря на значительный объем ежегодно лицензируемых участков, — все это должно стать предметом специального анализа. Говоря об эффективности работ компаний, нельзя не остановиться на золоте. Всего залицензировано около 3000 участков, в том числе 270 рудных. В среднем годовые геологоразведочные затраты компаний на один рудный объект составляют 8,6 млн. руб, тогда как государство на начальную, поисковую, стадию тра-

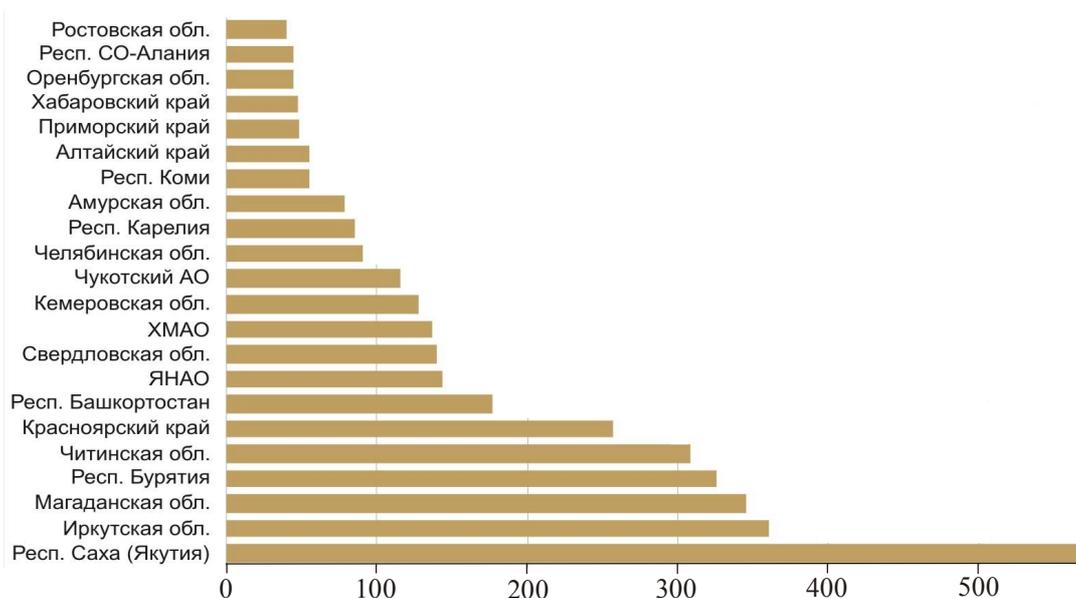


Рис. 11. Распределение затрат федерального бюджета на ГРП на твердые полезные ископаемые среди субъектов РФ в 2006 г., млн. руб.



Рис. 12. Объекты ГРП на твердые полезные ископаемые в 2006 г.

тит 12,6 млн. руб. То есть в среднем владельцем лицензии вкладывается в разведку месторождения лишь 15–20% от технологически необходимого объема финансирования! Это и есть ответ на вопрос — почему отсутствует даже простое воспроизводство и за последние пять лет Роснедра выдали всего шесть свидетельств о факте открытия мелких

месторождений рудного золота, пять – алмазов, два – серебра, одно – платины (рис. 9).

Планирование геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые за счет средств федерального бюджета на 2006 г. развивает основные охарактеризованные направления с учетом достигнутых результатов 2005 года. Предполагается даль-

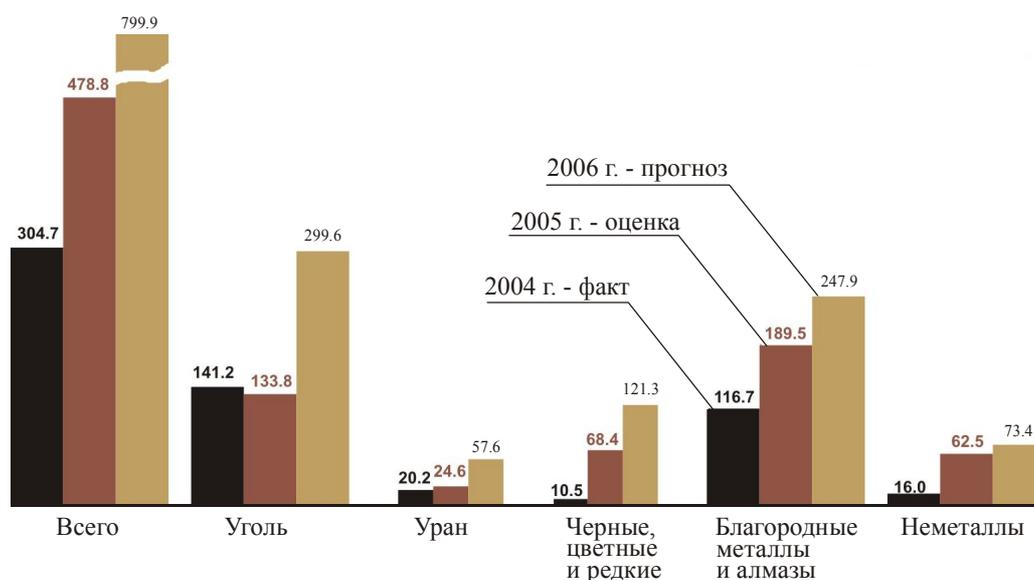


Рис.13. Прирост ценности недр в результате ГРП на твердые полезные ископаемые за счет средств федерального бюджета, млрд. руб.

нейший рост средств федерального бюджета (см. рис. 1). На 297 объектов геологоразведочных работ по твердым полезным ископаемым выделено 5,22 млрд. руб. Половину из них составят работы на благородные металлы и алмазы, которые будут выполняться по 133 проектам.

В 2006 г. будет продолжено изучение известных и вновь выявленных минерагенических структур с акцентом на решение задач федерального уровня (рис. 10). В структуре распределения средств по видам полезных ископаемых на фоне сохранения пропорций 2005 г. предусмотрен существенный рост (с 9 до 16%) ассигнований на поиски черных металлов, что вызвано необходимостью создания минерально-сырьевой базы на Приполярном и Полярном Урале, поддерживающей горно-металлургический комплекс промышленного Южного Урала и обеспечивающей загрузку проектируемой железной дороги, связывающей эти регионы.

В связи с этим, естественно, резко возрастет доля затрат в Уральском федеральном округе (см. рис. 3), тогда как по остальным регионам соотношение затрат к 2005 году существенных изменений не претерпит.

На рис. 11 показано распределение средств в 2006 г. по субъектам РФ. Некоторые изменения по сравнению с 2005 г. объясняются корректировкой по результатам геологоразведочных работ последних 2–3 лет и принятыми в связи с этим уточнениями планов работ. Тем не менее, если обратить внимание на рис. 5, показывающий распределение ассигнований в 2005 г., то увидим, что за счет работ на благородные металлы лидерство 6–7 субъектов Дальневосточного и Сибирского федеральных округов сох-

ранится и в 2006 г. Именно эти субъекты обеспечивают основной объем локализации прогнозных ресурсов золота в стране с минимальной стоимостью их прироста (от 2,5 до 5,5 руб. за 1 г), тогда как в других регионах она достигает 9–12 руб. за 1 г.

В 2006 г. спектр изучаемых видов полезных ископаемых расширится за счет работ на железные руды, стронций, литий, а также группы неметаллов. Расширится и география исследований (рис. 12) — в списке новых субъектов появятся Калининградская область (калийные соли), Ханты-Мансийский АО (железные, марганцевые руды, уголь), Республика Калмыкия (урановое сырье, титан-циркониевые россыпи), Томская область (железные руды). Произойдет оживление работ на цветные металлы в Приморье и на Алтае, на олово, сурьму — в Якутии, расширятся работы на платиноиды в Мурманской области и Карелии, на алмазы — в Карелии, впервые начнутся работы на платиносодержащие хромовые руды на Чукотке, по оценке золоторудного потенциала Таймыра и россыпной платиноносности районов развития траппов в Восточной Сибири. Начнется планомерное изучение золотоносности южного складчатого обрамления Сибирской платформы, нацеленное на выявление новых крупных месторождений сухоложского и олимпиадинского типов.

Масштабность и напряженность планов геологоразведочных работ на разнообразный спектр твердых полезных ископаемых в рамках федеральной программы 2006 г. очевидны. Расчет показателей ожидаемого прироста ценности недр за счет всех видов полезных ископаемых (рис. 13) показывает, что по сравнению с 2005 г. он увеличится на

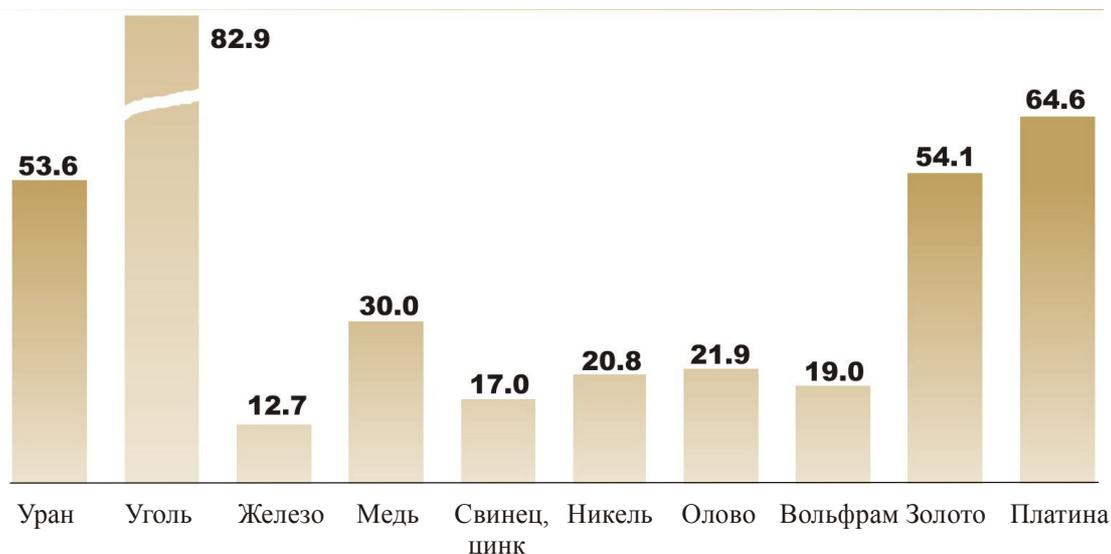


Рис. 14. Отношение прироста разведанных запасов основных видов твердых полезных ископаемых к добыче за период 2000–2004 гг., %

65%. Как видим, здесь ситуация вполне закономерна, контролируема, прогнозируема и зависит только от кадровой составляющей и ритмичности финансирования ГРР.

Совсем иное положение с приростами запасов полезных ископаемых (рис. 14), ответственность за которые, как плата за возможность ведения прибыльного бизнеса, лежит на недропользователе. К

сожалению, позиция проедания национальных минерально-сырьевых богатств остается главной в стратегии большинства горнодобывающих компаний, а эффективных рычагов управления этим процессом со стороны государства до сих пор не разработано. Более того, ежегодно множество участков недр предоставляется в пользование при отсутствии ожидаемых результатов.

УДК 622.342.1 (571.65)

© Коллектив авторов, 2006

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Б.Карпенко (губернатор Магаданской области), В.И.Кобец, В.Н.Макурин, С.Б.Михайлов (Территориальное агентство по недропользованию по Магаданской области), А.В.Неволин (Департамент природных ресурсов администрации Магаданской области)

Структура и состояние горнодобывающей отрасли. Магаданская область традиционно является валютным цехом страны, занимая лидирующее положение в России по добыче золота и серебра. За более чем 75-летний период освоения недр добыто 2900 т золота, из них 2600 т из россыпных месторождений и 300 т из коренных. Пик россыпной золотодобычи более чем в 70 т был достигнут в 40-х годах, в течение 50–70-х годов она поддерживалась на уровне 40–50 т, а затем стабильно сокращалась в связи с истощением минерально-сырьевой базы россыпных месторождений. В середине 90-х годов на фоне прогрессирующего сокращения добычи из россыпей (до 10–12 т) за счет ввода в эксплуатацию и интенсивной отработки ряда золоторудных и золото-серебряных месторождений, включая Кубаку, Джульетту, Школьное, падение добычи удалось остановить и довести до уровня 30–33 т в год. Однако отсутствие стабильной минерально-сырьевой базы рудного золота не позволило закрепить изменения в структуре добычи золота в пользу коренных месторождений. Сегодня добыча золота из россыпей составляет около 50%, обеспечивая основную занятость населения и имея важное социальное значение.

Состояние минерально-сырьевой базы золотодобывающей отрасли. Интенсивное освоение минерально-сырьевой базы золота области начато в 30-е годы прошлого века и на сегодня в нераспределенном фонде недр значимых по масштабам коренных объектов нет, а сырьевая база россыпных месторождений вследствие длительной эксплуатации крайне истощена и требует переоценки с учетом современных экономических условий.

По данным Госбаланса из общего количества запасы золота по коренным месторождениям составляют 60%, россыпного 40% от числящихся в области. При этом более 60% коренного золота составляют запасы месторождения Наталка.

Практически весь фонд разведанных запасов коренного золота — 95% — передан в недропользование. В том числе 245 т составляют запасы месторождения Наталка. Обеспеченность разведанными запасами большей части действующих горнодобывающих предприятий низкая и не превышает двух лет.

Остро стоит вопрос восполнения минерально-сырьевой базы рентабельными для освоения запасами. При добыче золота в последние годы 22–23 т прирост запасов составляет около 12 т, т.е. восполнение запасов составило всего 56%. Такое положение сохраняется на протяжении последних 15 лет.

В нераспределенном фонде осталось 5% запасов коренного золота низкого качества, не востребованных промышленностью, и 57% запасов россыпного золота. В то же время уже апробированные прогнозные ресурсы коренного и россыпного золота Магаданской области составляют около 3 тыс. т. 86% прогнозных ресурсов связано с коренными месторождениями золота и лишь 14% — с россыпями. Реализация прогнозных ресурсов и открытие новых рентабельных месторождений возможно только при значительном увеличении поисковых и разведочных работ.

Перспективы развития россыпной золотодобычи. В россыпной золотодобыче работают 187 малых предприятий, размещенных по всей территории области. Ситуация осложняется тем, что среднее содержание золота в россыпных месторождениях за последние 30 лет снизилось в 2,3 раза, более 50% предприятий работает на грани рентабельности из-за крайнего истощения минерально-сырьевой базы (среднее содержание 0,8 г/м³). В нераспределенном фонде остается 57% запасов россыпного золота, находящихся на удаленных участках, на больших глубинах, в сложных горно-геологических условиях и практически не рентабельных для освоения. Количество малых предприятий в россыпной золотодобыче продолжает сокращаться. В то же время потеря одного рабочего места в горнодобывающей отрасли влечет за собой потерю 10–15 обслуживающих его рабочих мест.

Сохранение уровня золотодобычи из россыпных месторождений имеет важнейшее социальное значение, так как данная отрасль в целом является градообразующей и, кроме того, позволит сохранить достигнутый уровень золотодобычи в области до начала эксплуатации большеобъемных золоторудных месторождений, избежать увеличения дефицита бюджета. В связи с этим авторы считают актуальным предпринять следующее:

для упрощения процедуры лицензирования пользования недрами, оформления документации и отчетности, экспертизы запасов отнести истощенные месторождения россыпного золота к участкам недр местного значения;

ввести дифференцированные ставки налога на добычу, вплоть до освобождения от налога на добычу на крайне истощенных месторождениях. Поддерживать законодательную инициативу Союза золотопромышленников о внесении изменений в Налоговый кодекс РФ в части снижения на 50% налоговой ставки на добычу полезных ископаемых при добыче золота из россыпных месторождений;

большинство предприятий, ведущих россыпную золотодобычу на территории Магаданской об-

ласти, относятся к предприятиям малого и среднего бизнеса с годовым уровнем золотодобычи не более 100 кг. Для их сохранения предлагается месторождения россыпного золота с утвержденными запасами до 100 кг лицензировать на конкурсной основе, уменьшить сроки прохождения заявок на пользование недрами за счет сокращения различных согласований по несущественным вопросам;

из 600 предприятий, ведущих добычу золота в России, 30% работают на россыпных месторождениях Магаданской области. Это предприятия малого бизнеса, нуждающиеся в техническом перевооружении. Поэтому часть получаемой прибыли необходимо направлять на эти цели, восстановив законодательную норму.

Все эти меры позволили бы, на наш взгляд, сохранить золотодобычу из россыпных месторождений на уровне 10–15 т до ввода новых крупных объектов. Кроме того, за счет федерального бюджета впервые начаты поисковые работы на россыпное золото с целью переоценки перспектив территории и укрупнения объектов лицензирования.

Перспективы развития горнорудного направления. Как уже отмечалось, обеспеченность разведанными запасами большей части действующих горнодобывающих предприятий не превышает двух лет. Государственным балансом учтено 35 коренных месторождений золота с разведанными балансовыми запасами 377 т, 95% которых находятся в распределенном фонде. Несмотря на ежегодное падение объемов добычи золота, область не снижает налоговых поступлений в бюджет в связи со значительным увеличением добычи серебра из комплексных золото-серебряных месторождений.

Поисковый задел для наращивания запасов золота в области очень высокий. Это позволяет говорить о следующем:

кардинальное улучшение экономики возможно за счет поиска, разведки и ввода в освоение крупнообъемных золоторудных месторождений типа Наталки и комплексных существенно серебряных месторождений с золотом типа Дуката;

в области имеется реальная возможность частичного восполнения выбывающих запасов россыпного золота и поддержания достигнутого уровня его добычи в течение 15–20 лет;

одна из текущих задач геологоразведки — выявление новых небольших высокоэффективных месторождений (типа Школьного, Джульетты) для обеспечения предприятий на ближайшую перспективу и поддержания достигнутого уровня добычи коренного золота.

Основное развитие золотодобывающей отрасли связывается с выявлением крупнообъемных место-

рождений с небольшими содержаниями, но значительными запасами от нескольких сотен тонн до 1–2 тыс. т золота. Выявление и вовлечение таких месторождений в освоение — это единственный путь бюджетного самообеспечения области и достижение поставленной задачи удвоения ВВП уже к 2010 г.

Первая задача — своевременное начало крупнообъемной добычи на месторождении Наталка. По оценкам специалистов, геологоразведочные работы позволят увеличить его запасы до 1500–2000 т и обеспечить ежегодный объем добычи в 30–40 т золота. Область всячески содействует вводу в эксплуатацию проектируемого горнодобывающего предприятия в определенные инвесторами сроки — 2008 г. Для достижения этой цели администрация области и Роснедра совместным решением временно законсервировали Рудник им. Матросова, который добывал около 1 т золота в год, для доразведки и реконструкции. Есть уверенность, что с вводом крупного горнодобывающего предприятия эта потеря будет оправдана.

Работы по выявлению крупнообъемных золоторудных месторождений за счет средств федерального бюджета ведутся с начала 90-х годов. Полученные положительные результаты позволили уже в 2005 г. передать в недропользование Дегдеканскую, Восточную и Орочскую перспективные площади, где ЗАО «Полюс» и ОАО «Омолонская золоторудная компания» начаты оценочные работы. Для лицензирования подготовлены и в стадии подготовки находятся еще ряд участков — Чай-Юрьинская, Право-Берелехская, Юглеровская и Тенгкели-Березовская площади.

Программой ГРП предусматриваются ежегодный ввод в поисковую стадию и передача в лицензирование двух–трех новых перспективных площадей.

За счет федерального бюджета закрываются первичные риски при поисках, а разведка месторождений на подготовленных площадях проводится исключительно за счет средств недропользователей.

Как положительный фактор следует отметить постепенное увеличение объемов финансирования ГРП из федеральных источников начиная с 2002 г.

С этим связан приток инвестиций частного капитала. К примеру, с 2000 по 2005 гг. объем финансирования геологоразведочных работ поисковой стадии из федерального бюджета увеличился с 71 до 331 млн. руб., одновременно приток частных инвестиций в геологоразведочные работы возрос с 62 до 1,7 млрд. руб. Поэтому представляется целесообразным на правительственном уровне разрабо-

тать комплекс мер по стимулированию геологоразведочных работ на территории Российской Федерации. Направлять на финансирование последних не менее 50% налога на добычу полезных ископаемых.

Не может устроить субъекты Российской Федерации существующее положение, когда они не получают доходов от продажи на аукционах участков недр (за исключением общераспространенных полезных ископаемых), расположенных на их территории.

Предлагается направление разовых платежей осуществлять следующим образом:

за пользование участками недр федерального значения, расположенными на территории субъекта РФ, и участками недр регионального значения — в федеральный бюджет и бюджет соответствующих субъектов РФ в соотношении 40 и 60%;

за пользование участками недр местного значения — в бюджеты субъектов РФ.

Необходимо упростить процедуру выдачи свидетельства о первооткрывательстве и лицензий на право пользования недрами для целей разведки и добычи полезных ископаемых при установлении факта открытия месторождения мелких полезных ископаемых пользователем недр, проводившим работы по геологическому изучению за счет собственных средств.

По оценкам специалистов, одной из наиболее перспективных и в то же время труднодоступных является северо-восточная часть территории области. Здесь имеются крупные рудоносные структуры, распространяющиеся на Чукотку. Высокие перспективы подтверждаются результатами геофизических исследований по опорному профилю: п-ов Кони-Пьягино – о. Врангеля. Две площади в пределах данной территории (Конгинская и Верхне-Кедонская предложены для проведения прогнозно-поисковых работ в Программу ГРП за счет федерального бюджета уже на 2006 г.

Освоение территории без создания инфраструктуры невозможно. Предлагается строительство автодороги Магадан – Анадырь и ЛЭП на действующие и новые предприятия.

Развитие минерально-сырьевой базы частных компаний. Владелец ОАО «Рудник им. Матросова», выкупившим долю государства, является ЗАО «Полюс» — дочернее предприятие ОАО ГМК «Норильский никель». ОАО «Рудник им. Матросова» проводит геологоразведочные работы на Наталкинском месторождении. Государственным балансом на месторождении Наталка учтены запасы золота категории В+С₁+С₂ для подземной отработки в количестве 245 т со средним содержанием

4 г/т. В настоящее время на руднике добычные работы прекращены до завершения разведки и составления ТЭО освоения месторождения. Цель ГРР — защита в ГКЗ и постановка на баланс для открытой добычи 1500 т золота со средним содержанием в рудах 1,5 г/т при бортовом содержании не менее 0,4 г/т.

Проводимые ГРР финансировались в рамках выделенного бюджета на ГРР, как и работы по закрытию производства и реструктуризации, созданию объектов инфраструктуры и нового производства.

По предварительным результатам ГРР по состоянию на август 2005 г. оперативно подсчитанные запасы золота составляют 1600 т (среднее содержание 1,6 г/т, бортовое — 0,4 г/т). Утверждение запасов в ГКЗ ожидается в третьем квартале 2006 г., получение резервов в соответствии с международными стандартами — в первом квартале 2007 г. Ожидаемая стоимость ГРР составит 60 млн. дол., стоимость закрытия производства и строительства объектов инфраструктуры плюс непредусмотренные проектом затраты составят 40 млн. дол.

Технико-экономические расчеты показали принципиальную возможность промышленного освоения месторождения в формате крупнообъемной добычи руды открытым способом. При выходе на проектную мощность предприятие будет добывать 30–40 т золота в год.

Компания выиграла аукцион на право проведения геологического изучения и добычи на Дегдеканской и Восточной перспективных площадях. Производственные мощности для геологоразведочных работ на новые объекты будут направлены после завершения работ на месторождении Наталка, но буровые работы уже начаты.

ОАО «Омолонская золоторудная компания». Отоработка запасов месторождения Кубака практически завершена, в 1996–2004 гг. добыто 87,7 т золота и 120,3 т серебра. Оставшиеся на месторождении запасы золота категории C_1+C_2 составляют 16,3 т со средним его содержанием 21 г/т. Сосредоточены они преимущественно в цокольной зоне месторождения и залегают в сложных горно-геологических условиях.

В ближайших планах компании — завершение геологоразведочных работ на месторождении Биркачан. Государственным балансом учтены запасы категории C_2 для открытой отработки в количестве 604 тыс. т руды, 8,4 т золота со средним содержанием

13,8 г/т. Кроме того, подсчитаны запасы золота для подземной отработки в количестве 12,5 т. Прогнозная оценка ресурсов категории P_1 — 25 т. Ведется опытно-промышленная отработка разведанных запасов карьером с переработкой руды на Кубакинской ЗИФ. Получена лицензия на проведение поисково-оценочных работ на рудопроявлении Орош с прогнозными ресурсами золота 30 т, работы начаты.

ОАО «Омсукчанская ГТК». Добыча золота на месторождении Джульетта начата в 2001 г. Основные запасы в настоящий момент отработаны. Добыча золота составила в среднем 3,0 т в год при среднем его содержании в рудах 43 г/т. Геологоразведочные работы направлены на подготовку новых запасов на флангах месторождения. Рудные тела представлены здесь мелкими жилами с высокими содержаниями, сложными для отработки.

Компания испытывает трудности с обеспечением фабрики рудой. За счет ГРР получен прирост запасов категории C_1+C_2 — 157 тыс. т руды, золота — 4,0 т со средним содержанием 26 г/т, серебра — 42 т со средним содержанием 271 г/т. Кроме того, от эксплуатации был получен прирост запасов — 72 тыс. т руды, золота — 4,6 т, серебра — 98,6 т.

В пределах рудного поля на рудопроявлении Энгтери бурением вскрыто новое перспективное рудное тело средней мощностью 1,6 м, с запасами руды — 320 тыс. т, золота — 6,1 т, серебра — 7,1 т.

НПО «Полиметалл» ведет доразведку и разработку золото-серебряных объектов Лунное и Дукат. На месторождении Лунное завершается отработка карьером запасов первой очереди; производительность комплекса 300 тыс. т руды в год с извлечением полезных компонентов методом прямого цианирования и получением цинкового цементата. Проводится разведка запасов второй очереди для подземной отработки. Материалы кондиций для условий подземной отработки представлены в ГКЗ. Запасы пересчитанные по новым кондициям, составляют: руда — 3,7 млн. т, золота — 6,6 т, серебра — 1600 т.

Несмотря на значительные разведанные запасы месторождения Дукат, НПО «Полиметалл» проводит тематические работы по оценке перспектив Дукатского рудного района.

ОАО «Сусуманзолото». Проводится доразведка флангов месторождения Ветренское горными и буровыми работами. Для обеспечения запасами Светлинской фабрики поданы заявки на проведение поисковых работ в пределах дайки «Новая».



СУЛЬФИДНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ДОКЕМБРИИ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

В.А. Дунаев (ФГУП ВИОГЕМ)

Охарактеризованы проявления сульфидного (полиметаллического, молибденового и медно-никелевого) оруденения в докембрии КМА и оценены перспективы обнаружения его промышленных скоплений.

Регион КМА является частью Воронежской антеклизы — крупной структуры Восточно-Европейской платформы. Строение его двухъярусное. Нижний ярус (этаж) представлен докембрийским кристаллическим фундаментом, а верхний — фанерозойским осадочным чехлом. Докембрийский фундамент КМА сложен метаморфическими и магматическими породами архея и нижнего протерозоя (карелия). Глубина его залегания под обводненными породами осадочного чехла в присводовой части Воронежской антеклизы составляет в среднем 100–200 м, увеличиваясь с удалением от свода до 400–600 м и более.

В докембрии КМА известны многочисленные проявления сульфидного полиметаллического (свинцово-цинкового), молибденового и медно-никелевого оруденения. Их изучение началось с 60-х годов XX в. в связи с проведением глубинного геологического картирования и поисково-разведочных работ на железные руды и бокситы. На основе современных представлений о тектономагматических особенностях КМА автором обобщены результаты работ, проведенных в разное время и разными авторами по сульфидному оруденению в докембрии региона, уточнена генетическая и рудноформационная принадлежность отдельных его типов и дана оценка перспектив обнаружения их промышленных скоплений.

Стратиграфия докембрия КМА и тектономагматические этапы его геологической истории. В разрезе фундамента выделяют четыре серии метаморфических пород (снизу вверх): обоянскую, михайловскую, курскую и оскольскую [2]. Обоянская серия нижнего архея сложена в основном плагиогнейсами с прослоями амфиболитов. Природа первичного субстрата гнейсов не ясна. Мощность

серии не установлена. Михайловская серия верхнего архея представлена главным образом зеленокаменными ортосланцами. Мощность серии составляет по разным оценкам от сотен до первых тысяч метров. Ортосланцы нижней части разреза серии (александровская свита) имеют основной и ультраосновной составы. Они образовались при метаморфизме вулканитов коматиит-базальтовой формации. Верхняя часть разреза серии (лебединская свита) сложена ортосланцами среднего и кислого составов по вулканитам базальт-риодацитово-формации, а также метапесчаниками и метаалевролитами. Непосредственный контакт пород михайловской и обоянской серий нигде на КМА не установлен. Возможно, что обоянская серия в принятом объеме включает и глубокометаморфизованные части разреза михайловской серии.

Курская серия нижнего протерозоя мощностью до 1,5–3 км представлена двумя свитами: нижней (стойленской), сложенной метаконгломератами (в основании свиты), кварцитопесчаниками и сланцами, и верхней (коробковской), в разрезе которой выделяются две подсвиты железистых кварцитов и две подсвиты сланцев. Оскольская серия нижнего протерозоя мощностью до 3,5 км сложена преимущественно парасланцами, в том числе углеродистыми, мраморизованными карбонатными породами, иногда ортосланцами по вулканитам от основного до кислого состава.

В докембрийской геологической истории региона КМА четко выделяются четыре тектономагматических этапа: раннеархейский, позднеархейский, раннекарельский и позднекарельский. Раннеархейский этап (4,0–3,1 млрд. лет) характеризовался формированием протоконтинентальной коры преимущественно гранито-гнейсового облика за счет

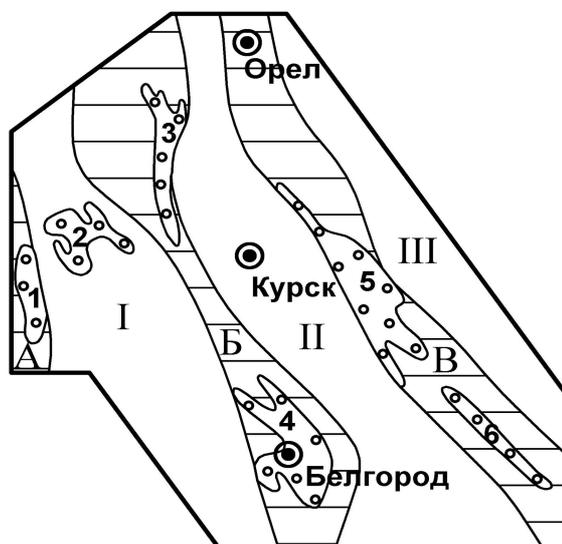
мощной гранитизации пород обоянской серии. Завершился он внедрением интрузий бесединского комплекса габбро-анортозитовой формации.

Позднеархейский этап (3,1–2,5 млрд. лет) реализовался в две последовательные стадии: рифтогенную и орогенную. Рифтогенная стадия проявилась растяжением, утонением протоконтинентальной коры, ее деструкцией и дифференцированным прогибанием, излиянием через образованные трещины лав (сначала коматиит-базальтовых, а затем базальт-риодацитовых), накоплением вулканогенно-осадочных отложений. В результате сформировалась толща пород михайловской серии, в которую внедрились комагматичные базит-гипербазитовым вулканитам субвулканические и гипабиссальные интрузии сергиевского комплекса дунит-перидотит-габбровой формации. В орогенную стадию регион КМА подвергся сжатию, дислокационному и региональному метаморфизму (зеленокаменному по породам михайловской серии), а затем мощному палингенно-анатектическому гранитообразованию. Вначале появились гранитоиды мигматит-плагио-гранитовой формации (салтыковский комплекс), а затем субщелочные калиевые гранитоиды (атаманский комплекс). Позднеархейский этап завершился стабилизацией региона КМА и превращением этого участка земной коры в испытывающий поднятие кратон.

Конечным итогом рассмотренного выше этапа явилось возникновение характерной для архейской истории всех древних платформ гранит-зеленокаменной области. Однако в отличие от типичных таких областей (Каапваальской в Южной Африке, Йилгарн в Западной Австралии и др.) ее зеленокаменная составляющая не образует поясов, четко отделенных от гранито-гнейсовой рамы. В докембрии КМА зеленокаменные породы рассредоточены в виде многочисленных узких полос, вытянутых согласно простиранию складчатости. Это обстоятельство, а также небольшая мощность михайловской серии свидетельствуют о проявлении на КМА в позднем архее рассеянного рифтинга и формировании обширного площадного ареала лавовых излияний, без заполнения ими локальных глубоких впадин, трассируемых крупными разломами земной коры.

Раннекарельский этап (2,5–1,9 млрд. лет) связан с формированием на протоплатформенном архейском основании линейных подвижных поясов (авлакогенов). Этот процесс осуществлялся также в две стадии: раннюю (стадию формирования прогибов и накопления в них осадков курской и оскольской серий, а также проявления в оскольское время базальт-андезит-риодацитового вулканизма) и орогенную, с которой связаны интенсивная складча-

тость и региональный метаморфизм отложений указанных серий, а также формирование золотухинского габбро-перидотитового и стойло-николаевского габбро-диорит-гранодиоритового интрузивных комплексов. В современной структуре докембрийского фундамента КМА подвижным поясам соответствуют грабен-синклинории, разделенные относительно приподнятыми грабен-антиклинориями (рисунок). Метаморфические породы раннекарельского этапа слагают грабен-синклинали. Породы курской серии локализируются в крыльях и замыканиях этих структур, а оскольской серии — в их ядрах.



Структурная схема докембрийского фундамента КМА, по [2]:

грабен-синклинории: А — Крупецкий, Б — Михайловско-Белгородский, В — Орловско-Оскольский; грабен-антиклинории: I — Львовский, II — Курско-Корочанский, III — Ливенско-Лосевский; грабен-синклинали: 1 — Крупецкая, 2 — Рьльская, 3 — Михайловская, 4 — Белгородская, 5 — Тим-Ястребовская, 6 — Волотовская

Позднекарельский этап (1,9–1,65 млрд. лет) характеризовался сугубо платформенным режимом тектонического развития региона с тремя эпизодами его тектономагматической активизации, каждый из которых завершился формированием соответствующего интрузивного комплекса: первый — малиновского субщелочных калиевых гранитов, второй — смородинского габбро-долеритового (траппового), третий — дубравинского ультраосновных щелочных пород и карбонатитов.

Полиметаллическое оруденение связано исключительно с раннекарельским этапом. Все известные полиметаллические проявления относятся к двум генетическим типам: метаморфогенному

(стратиформно-регенерированному) и магматогенно-гидротермальному.

Метаморфогенный тип полиметаллического оруденения локализуется в углеродисто-терригенных и углеродисто-карбонатных толщах пород оскольской серии, для которых характерно сингенетичное накопление свинца и цинка [8]. С известной условностью его можно отнести к колчеданно-полиметаллической рудной формации. Обычно на рудопроявлениях рассматриваемого типа полиметаллическая минерализация сопряжена с золоторудной (Стрекаловское, Луневское проявления). При этом полиметаллическое оруденение наиболее интенсивно проявлено в углеродисто-карбонатной породной ассоциации. Золотое оруденение больше тяготеет к углеродистым сланцам. Типоморфным для КМА метаморфогенным золото-полиметаллическим рудопоявлением является Стрекаловское, описанное Н.А.Скулковым [7]. Оно расположено в Рыльской грабен-синклинали и локализовано в карбонатно-сланцевой толще пород роговской свиты оскольской серии. Разрез этой толщи представлен чередованием пластов (мощностью 1,5–30 м) углеродистых кварц-сланцевых сланцев и доломитовых мраморов. Углеродистые сланцы насыщены вкрапленностью, мелкими гнездами и прожилками сульфидов (главным образом пирита и пирротина, совместно с которыми встречаются сфалерит, галенит, халькопирит и арсенопирит), ориентированными преимущественно по сланцеватости пород. Количество сульфидов невелико (2–10%) и только в отдельных интервалах мощностью 1,5–3 м — до 30%. Вмещающие сланцы обычно окварцованы и карбонатизированы. Сульфидная минерализация в доломитах (преимущественно пиритовая с примесью галенита, сфалерита и халькопирита) менее интенсивная, чем в сланцах, и приурочена к сплошным зонам окварцевания мощностью 1–2,5 м.

В углеродистых сланцах установлена золотая и полиметаллическая минерализация, в доломитах — исключительно полиметаллическая. Минерализованные зоны имеют мощность до 1,3 м, редко до 2,4 м. Содержание золота в них не превышает 0,5 г/т и только в одной пробе составило 2–8 г/т на 1,2 м. В наиболее продуктивном на полиметаллическую минерализацию сечении углеродистых сланцев (скв. 3603, 340–342,4 м) среднее содержание (в %) Pb 0,94, Zn 4,42, Cu 0,014.

Магматогенно-гидротермальный тип полиметаллического оруденения в докембрии КМА представлен главным образом минерализованными зонами дробления метапород с вкрапленным и прожилково-вкрапленным сульфидным оруденением. Среди сульфидов преобладают пирит и пирротин, встречаются сфалерит, галенит, халькопирит, иног-

да борнит и блеклая руда. Мощность рудных зон составляет обычно первые метры, содержание Zn до 1%, Pb до 0,05%.

Большинство проявлений полиметаллического оруденения рассматриваемого типа (Западно-Лебединское, Тимское, Волотовское и др.) сосредоточено в Тим-Ястребовской и Волотовской грабен-синклиналих и контролируется продольными разломами. По существу этот тип оруденения представляет собой полиметаллическую составляющую гидротермальную золото-сульфидной рудной формации, парагенетически связанной с диоритовыми и гранодиоритовыми интрузиями стойло-николаевского комплекса.

Наиболее крупным гидротермальным проявлением полиметаллов является Западно-Лебединское, вскрытое горными выработками подземного дренажного комплекса Лебединского железорудного месторождения и единичными скважинами. Оно представлено зоной милонитизированных хлорит-серицит-кварцевых сланцеватых метасоматитов (по амфиболитам михайловской серии) мощностью около 40 м с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией. Среди сульфидов преобладают пирит и пирротин, встречаются марказит, халькопирит, галенит, сфалерит и молибденит [1]. Средний уровень концентрации полезных компонентов по всей зоне: Pb 0,01–0,48%, Zn 0,005–0,22%, Au 0,45 г/т, Ag до 10 г/т. В маломощной (0,7 м) жилородной зоне, сложенной главным образом галенитом, сфалеритом, пиритом и кварцем, содержание компонентов составляет: Pb 0,31–33,4%, Zn 0,4–1,62%, Au до 2,2 г/т, Ag до 34,3 г/т. Рудная зона прослежена скважинами по падению и простиранию. При этом были вскрыты только маломощные (первые метры) интервалы бедной полиметаллической минерализации с содержанием Au до 0,01–0,03 г/т.

Кроме минерализованных зон с преимущественно гидротермально-метасоматическим оруденением в докембрии КМА известны также полиметаллические проявления жильного типа. Они представлены единичными маломощными (0,01–0,5 м) жилами, сложенными сульфидами (пиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом и др.), кварцем и (или) карбонатом. Такие проявления установлены в серпентинитах сергиевского комплекса (Верхопенское), гранитах атаманского комплекса (Атаманское), на Висловском бокситовом и практически на всех железорудных месторождениях КМА (Лебединском, Коробковском, Михайловском и др.) [1, 3].

Таким образом, наиболее крупные скопления свинцово-цинковых руд в этом регионе могут быть связаны со стратиформно-регенерированным колче-

данно-полиметаллическим оруденением в углеродисто-терригенных и углеродисто-карбонатных породах оскольской серии. Этот вывод согласуется с установленной планетарной закономерностью — высокой продуктивностью протерозойской эпохи на свинец и цинк, причем почти исключительно в виде колчеданно-полиметаллического оруденения [4].

Однако достаточных оснований для постановки специальных поисковых работ на колчеданно-полиметаллические руды в докембрии КМА пока нет. Во-первых, отсутствуют прямые признаки промышленного оруденения: мощные (десятьки метров) рудные подсечения с высоким, хотя бы соответствующим рудам среднего качества (2–4% Pb или 4–7% Pb+Zn), содержанием полезных компонентов. Во-вторых, большая мощность (от 100–200 м и более) перекрывающего фундамент осадочного чехла ужесточает требования к потенциальному рудному объекту (он должен быть достаточно крупным) и резко усложняет его поиск. В геоэлектрическом поле, создаваемом углеродистыми породами оскольской серии, в виде полосовидных зон шириной до 3 км и протяженностью до 50 км практически невозможно локализовать участки, соответствующие зонам колчеданно-полиметаллического оруденения.

Молибденовое оруденение проявлено главным образом в орогенную стадию позднеархейского тектономагматического этапа. Оно парагенетически связано с интрузиями гранитов атаманского комплекса, имеет гидротермальный генезис, относится к медно-молибденовой рудной формации и локализовано по периферии и в обрамлении Белгородско-Михайловского и Орловско-Оскольского синклиналиев, а также в центральной части разделяющего их Курско-Корочанского антиклинория, подчиняясь четкому структурному контролю продольными зонами разломов.

Большинство проявлений, в том числе наиболее значимые из них (Курско-Бесединская группа, Петровское, Ериксное, Береговское и Северо-Висловское), представлены зонами вкрапленной, редко прожилково-вкрапленной минерализации в тектонически нарушенных и гидротермально измененных метапородах обоянской и михайловской серий, гранитоидах атаманского и салтыковского комплексов. Гидротермальные изменения гнейсов, мигматитов и гранитоидов выражены березитизацией, окварцеванием и серицитизацией, реже амфиболизацией, биотитизацией или эгиринизацией. По базит-ультрабазитовым метапородам развиваются лиственитизация, карбонатизация, оталькование и хлоритизация.

Содержание сульфидов в рудах колеблется от первых до 30%. Кроме молибденита, в них постоянно присутствуют пирит, халькопирит, часто

встречается пирротин, иногда борнит, арсенопирит. На рудопоявлениях Курско-Бесединской группы установлены сфалерит и галенит. Стволовая мощность рудных интервалов 0,2–1,5 м, иногда до 4,5–10 м, в единичном случае до 21,8 м. Содержание Mo 0,0001–0,15%, Cu 0,005–0,07, иногда до 0,48%. В пробах руд проявлений Курско-Бесединской группы обнаружены Zn (0,4–1,0%), Pb (0,27–0,42%), Ag (до 4,35 г/т), Au (до 5 г/т). Серебро (до 10 г/т) и золото (до 0,5 г/т) выявлены также на Северо-Висловском рудопоявлении.

Ряд проявлений молибдена (Западно-Михайловское и Уголек в западном обрамлении Михайловской грабен-синклинали, Сторожевское на северо-восточной окраине Белгородской грабен-синклинали) представлены дайками пегматоидных гранитов (пегматитов) атаманского комплекса с чешуйками и вкрапленностью молибденита, халькопирита и других сульфидов. Мощность (стволовая) таких даек обычно 0,3–1,5, редко до 5–14 м. Вмещающие дайки породы, как правило, серицитизированы и окварцованы. Уровень концентрации в дайках Mo колеблется от 0,0001 до 0,05%. Только на проявлении Уголек в дайке пегматоидных гранитов мощностью 0,3 м содержание Mo составляет 0,25% (В.М.Жмакин, 1988 г.). Содержание Cu в оруденелых дайках 0,01–0,07%. Сторожевское проявление является комплексным. В нем установлена повышенная концентрация радиоактивных элементов.

Отдельные проявления молибдена не связаны с гранитами атаманского комплекса и по времени образования более молодые, чем рассмотренные ранее. В частности, к таким относятся Западно-Чернянское и Дубравинское проявления в карбонатитах и щелочных метасоматитах дубравинского комплекса. Уровень концентрации Mo в них 0,003–0,1%, Cu 0,004–0,01%. В Ольховатской синклинали (Белгородский рудный район) установлено Малиновское проявление, представленное молибденитосодержащей кварцевой жилой мощностью 0,8 м, вскрытой скважиной на глубине около 1120 м среди серицитизированных сланцев оскольской серии. Кроме молибденита, в кварце встречаются иголки турмалина и вкрапленность халькопирита, пирита и ильменита. Среднее содержание Mo в жиле 0,0042%, Cu 0,0012%.

Таким образом, из всех известных на КМА проявлений молибдена к наиболее продуктивным относятся парагенетически связанные с верхнеархейскими гранитоидами атаманского комплекса зоны тектонически нарушенных и гидротермально измененных пород с преимущественно вкрапленной сульфидной минерализацией. Эти рудопоявления представлены бедными и убогими рудами (до 0,15% Mo), образующими тела небольшой

мощности (0,2–1,5, редко до 5–20 м). Глубина залегания минерализованных зон с учетом мощности перекрывающих кристаллический фундамент осадочных пород от 100–200 до 500–1000 м. Поскольку промышленными являются месторождения молибдена в виде выходящих на поверхность или залегающих на небольшой (десятки метров) глубине крупных штокверков (до сотен метров в любом измерении), совершенно очевидна бесперспективность установленных в докембрии КМА проявлений молибдена.

Отсутствуют также благоприятные геологические предпосылки для обнаружения в докембрии КМА промышленных залежей молибденовых руд. Известно, что продуктивность молибденового оруденения закономерно возрастает от древних геологических эпох к более молодым, и свыше 80% мировых балансовых запасов молибдена приходится на месторождения, связанные с мезокайнозойским гранитоидным магматизмом. Слабая продуктивность на молибден докембрийского, в том числе позднеархейского, гранитоидного магматизма подтверждается результатами многолетних поисково-разведочных работ на территории геотектонических аналогов мегаблока КМА — Украинского и Балтийского щитов.

На Украинском щите обнаружено около 100 проявлений молибденита, в числе которых есть и прямые аналоги известным на КМА, но сколько-нибудь перспективного объекта для дальнейшей геолого-промышленной оценки не установлено [5]. На Балтийском щите известны три крупных проявления молибдена (Пеллапахк в Мурманской области, Пяварское и Ялонварское в Карелии) и одно месторождение (Лобаш в Карелии), которое до 1998 г. учитывалось государственным балансом, а затем по результатам проведенной Министерством природных ресурсов переоценки отнесено к непромышленным.

Поскольку пример месторождения Лобаш показывает критический уровень масштаба и глубины залегания молибденитового оруденения, начиная с которого можно говорить о практической значимости выявленного или прогнозируемого молибденовнорудного объекта, дадим краткую характеристику этого месторождения по [6]. Оно представлено пластообразной рудной залежью штокверкового типа в надвнутрузивной зоне гранитоидного массива. Размеры залежи в плане 2000×(500–750) м, мощность ее в центральной части до 200 м с постепенным выполаживанием на флангах. Среднее содержание Mo в рудах 0,068%. Кровля залежи расположена на глубине от 10–15 до 50–100 м. Возможна открытая отработка месторождения до глубины 340 м. Прогнозировать подобный объект в до-

кембрии КМА и ставить вопрос о целесообразности его поисков нет никаких оснований.

Медно-никелевое оруденение часто отмечается в золото-полиметаллических проявлениях стратиформно-регенерированного и гидротермального типов. Медьсодержащие сульфиды, кроме того, обычно входят в состав руд молибденовых проявлений. Ни в одном из указанных типов рудопроявлений медь и никель не образуют сколько-нибудь значительных концентраций, что в целом не противоречит установленным особенностям металлогении в докембрии нашей планеты.

Согласно этим особенностям докембрийское сульфидное медно-никелевое оруденение представлено ликвационными месторождениями в расщепленных комагматитовых потоках или в комагматически связанных с ними мафит-ультрамафитовых гипабиссальных интрузиях. Типичный пример такого месторождения — Камбалда в Западной Австралии [4]. Для условий КМА потенциально продуктивными на сульфидное медно-никелевое оруденение являются метавулканы александровской свиты Михайловской серии и интрузии сергиевского комплекса. Однако результаты бурения на участках развития указанных пород (Жидеевском, Косиновском, Береговском, Мангуровском и др.) выявили лишь тонкую рассеянную вкрапленность и линзочки сульфидов (пирита, пирротина, реже халькопирита, борнита, миллерита и пентландита).

Слабая продуктивность верхнеархейских зеленокаменных пород КМА на сульфидное медно-никелевое оруденение связана, на наш взгляд, с особенностями формирования гранит-зеленокаменной области этого региона (рассеянный рифтинг, площадное излияние лав небольшой суммарной мощности), которые обусловили отсутствие типичных зеленокаменных поясов с мощной отчетливо дифференцированной базит-ультрабазитовой толщей, содержащей пачки высокомагнезиальных (MgO 30–45%) ультраосновных пород, к которым обычно приурочены рудные тела.

Нет также достаточно веских оснований считать вслед за Н.М.Чернышевым [9] перспективными на медно-никелевое оруденение дифференцированные интрузии смородинского комплекса базальт-долеритовой (трапповой) формации, относя их к петрохимическим аналогам рудоносных интрузий норильского типа. Во-первых, медно-никелевые месторождения в докембрийских трапповых интрузиях не обнаружены; известны лишь единичные примеры рудопроявлений (например, Прут на Украинском щите). Такие месторождения обычно связаны с палеозойскими или мезозойскими проявлениями траппового магматизма в осадочном чехле древних платформ. Во-вторых, по набору пород и

петрохимическим особенностям массивы смородиноского комплекса наиболее близки не к интрузиям норильского типа, а к непродуктивным на медно-никелевое оруденение ангарскому, тунгусскому и аламджахскому комплексам трапповой формации Сибирской платформы. Например, в разрезе массивов смородинского комплекса не установлены породы типа пикритовых долеритов, типичные для интрузий Норильского района. Содержание рудогенных элементов (никеля, меди и серы) в массивах смородинского комплекса близко к кларковому (для сравнения — в интрузиях норильского типа никеля в 3–5 раз, а меди и серы на порядок больше).

Итак, в докембрии КМА проявлено сульфидное оруденение (полиметаллическое, молибденовое и медно-никелевое) различных генетических типов и рудных формаций.

Полиметаллическое оруденение локализовано в грабен-синклинальных структурах. Оно образовалось в раннекарельский тектономагматический этап и представлено метаморфогенным (страгиформно-регенерированным) и гидротермальным типами в составе соответственно колчеданной золото-полиметаллической и золото-сульфидной рудных формаций. Оруденение метаморфогенного типа приурочено к толщам углеродистых сланцев и карбонатных пород оскольской серии, а гидротермальное — парагенетически связано с интрузиями стойло-николаевского габбро-диорит-гранодиоритового комплекса, контролируется продольными зонами разрывных нарушений и представлено метасоматитами с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией и сульфидсодержащими кварцевыми, карбонатно-кварцевыми жилами.

Молибденовое оруденение сформировалось преимущественно в орогенную стадию позднеархейского тектономагматического этапа. Оно парагенетически связано с интрузиями субщелочных гранитов атаманского комплекса, относится к гидротермальной медно-молибденовой формации, локализовано по периферии и в обрамлении Белгородско-Михайловского и Орловско-Оскольского синклинориев, а также в центральной части разделяющего их Курско-Корочанского антиклинория, тяготеет к продольным разломам и представлено зонами вкрапленной, прожилково-вкрапленной минерализации в метасоматитах, иногда оруденелыми дайками пегматоидных гранитов.

Медно-никелевое оруденение встречается в мафит-ультрамафитовых метавулканитах михайловской серии в виде рассеянной сингенетичной вкрапленности сульфидов меди и никеля.

Исходя из общих металлогенических предположений, наиболее перспективным сульфидным оруденением в докембрии КМА является колчеданно-полиметаллическое. Существенно ниже перспективы молибденового оруденения. Об этом свидетельствуют слабая продуктивность на молибден докембрия нашей планеты и отрицательные результаты поисково-разведочных работ на данный металл в более благоприятных для их проведения геотектонических аналогах КМА на Украинском и Балтийском щитах. Поиски медно-никелевого оруденения малоперспективны из-за отсутствия в докембрии КМА типичных зеленокаменных поясов и благоприятных для развития такого оруденения петрохимических особенностей имеющихся мафит-ультрамафитовых магматических комплексов. С учетом фактически установленных параметров сульфидного оруденения (низкой концентрации полезных компонентов, незначительной мощности рудных подсечений) и большой (100–200 м и более) глубины залегания под толщей обводненных рыхлых пород осадочного чехла постановка специальных поисковых работ на сульфидное оруденение в докембрии КМА не целесообразна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяченко А.П., Легедза В.Я., Шелехов А.Н. Проявления свинцово-цинковой минерализации в докембрии Старооскольского района // Изв. вузов. Геология и разведка. 1971. № 9. С. 65–69.
2. Железные руды КМА / Под ред. В.П.Орлова, И.А.Шевырева, Н.А.Соколова. – М.: Геоинформмарк, 2001.
3. Крестин Е.М. Рудопроявления цветных металлов в фундаменте Курско-Воронежского массива // Геология рудных месторождений. 1976. № 1. С. 87–93.
4. Месторождения металлических полезных ископаемых / В.В.Авдонин, В.Е.Бойцов, В.М.Григорьев и др. – М.: Геоинформмарк, 1998.
5. Михайлов В.А., Шунько В.В. Типы молибденовой минерализации Украинского щита и перспективы Западного Приазовья // Материалы международной научно-практической конференции «Регион-2003: стратегия оптимального развития». Харьков, 2003. С. 252–253.
6. Недра Северо-Запада Российской Федерации / В.А.Коровкин, Л.В.Турылева, Д.Г.Руденко и др. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2003.
7. Скулков Н.А. О полиметаллическом оруденении Стрелковского участка КМА // Металлоносность центральных районов Восточно-Европейской платформы. М., 1976. С. 105–108.
8. Созинов Н.А., Чистякова Н.Н., Казанцев В.А. Металлоносные черные сланцы Курской магнитной аномалии. – М.: Недра, 1988.
9. Чернышев Н.М. Металлогеническое районирование Воронежского кристаллического массива в связи с его никеленосностью // Геология рудных месторождений. 1990.

УДК 551.24:552.323.3

© Н.А.Божко, 2006

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ЛОКАЛИЗАЦИИ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ ЗА ПРЕДЕЛАМИ АРХЕЙСКИХ КРАТОНОВ

Н.А.Божко (Московский государственный университет)

Рассмотрена тектоническая позиция алмазоносных кимберлитов, залегающих вне архейских кратонов. Выделено несколько тектонических обстановок проявления алмазоносного кимберлитового магматизма на примерах, представляющих исключения из правила Клиффорда в его распространенной трактовке.

Практически все промышленные коренные месторождения алмазов находятся в пределах древних кратонов, что в общем подтверждает известную эмпирическую закономерность — правило Клиффорда. Согласно этому правилу, все промышленно-алмазоносные кимберлиты приурочены к стабильным кратонам, тогда как окружающие их складчатые пояса могут содержать лишь неалмазоносные кимберлиты. Вместе с тем, отмечается неоднозначность трактовки этого правила в части понятия «кратон». Т.Клиффорд [7] имел в виду алмазопродуктивные древние докибарские кратоны, т.е. области с возрастом стабилизации древнее 1850 ± 250 млн. лет, включающие, таким образом, и раннепротерозойские. Однако в настоящее время исходной предпосылкой при оценке перспектив алмазоносности обычно считается приуроченность продуктивных кимберлитов исключительно к архейским кратонам. Согласно этим взглядам, промышленно значимые кимберлиты сосредоточены только в пределах архонов [22], т.е. областей архейской консолидации с возрастом фундамента более 2500 млн. лет. Таким образом, правило Клиффорда претерпело определенную модернизацию в части его «удревнения».

Архейские кратоны действительно остаются важнейшим тектоническим критерием алмазоносности (рис. 1), несмотря на отсутствие теории локализации алмазоносных кимберлитов внутри этих структур [1, 2]. Вместе с тем, в настоящее время известно присутствие алмазоносных кимберлитов в орогенических поясах протерозоя, в том числе и позднего, и чехлах с протерозойским фундаментом, что противоречит правилу Клиффорда даже в его первоначальном, авторском, понимании [1, 2, 3 и др.]. Изучение их позволяет выделить следующие тектонические обстановки локализации алмазоносных кимберлитов за пределами архейских кратонов.

Внешние зоны орогенических поясов на границе с архейскими кратонами. Миогеосинклинальные зоны (пассивные окраины). Пассивные окраины, формируясь на континентальной коре прилегающих кратонов, обладают в равной степени перспективами алмазоносности последних. Развитие их проходит в условиях меньшей эндогенной активности по сравнению с внутренними областями орогенов и обычно не приводит к разрушению субкратонных литосферных корней. Примерами рассматриваемой обстановки могут служить кимберлиты системы Аделаида Восточной Австралии, Кордильер Британской Колумбии Канады, Центральной Бразилии и др.

Отложения складчатой системы Аделаида Восточной Австралии неопротерозойско-кембрийского возраста (1000–500 млн. лет) залегают на древнем кристаллическом фундаменте и представляют собой звено в цепи одновозрастных пассивных окраин, опоясывающей притихоокеанскую область Земли. К востоку от нее позднее начал формироваться Тасманский складчатый пояс. Породы системы Аделаида испытали деламерийскую орогению в интервале 515–480 Ма. Крупная (17 500 км) аномалия распространения минералов-индикаторов алмазов, район россыпной алмазоносности и присутствия алмазоносных кимберлитов расположены в так называемой дуге Накара — дугообразном в плане сегменте внутри Деламерийского пояса с изгибом в простирании от меридионального на восток-северо-восточное вдоль южного края кратона (срединного массива) Курнамон и северо-западного района впадины Мюррей. Кимберлиты Еурела находятся в центре восточной части этой аномалии и содержат непромышленные алмазы (см. рис. 1). Локализация их обусловлена разломами, следующими параллельно простиранию пояса, а также тесной пространственной связью с интрузиями основных пород [5, 16, 24].

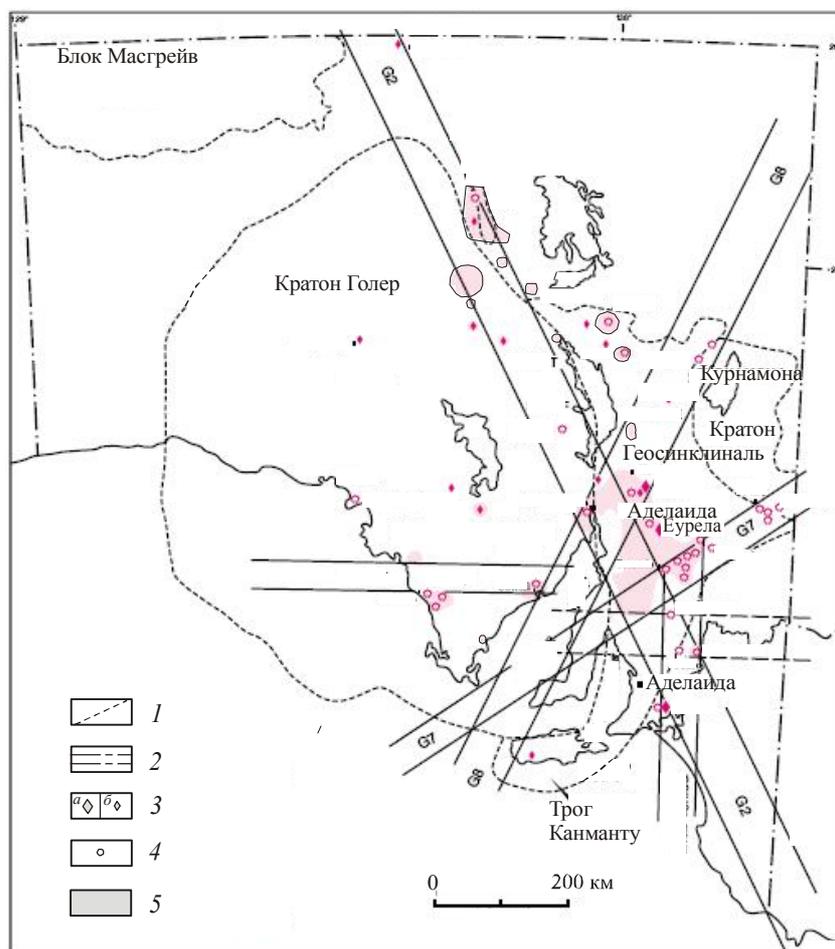


Рис. 1. Алмазность Южной Австралии и положение кимберлитов Еурела в неопротерозойской системе Аделаида, по [28]:

1 — тектонические границы; 2 — структурные коридоры; 3 — находки алмазов (*a* — >100, *b* — <100); 4 — кимберлиты; 5 — поля спутников алмазов

Присутствие алмазоносных кимберлитов отмечено в Восточной Кордильере Британской Колумбии (Западная Канада). Британская Колумбия расположена на западной окраине Северной Америки в пределах внешней мегазоны фанерозойского складчатого пояса Северо-Американских Кордильер. Мегазона наложена на раннекембрийский фундамент, общий с фундаментом Северо-Американского кратона, и отвечает его пассивной окраине, заложенной в рифее, развивавшейся в течение всего палеозоя и мезозоя и испытавшей заключительную складчатость в ларамийскую эпоху эоцена. Установлены четыре алмазоносные диатремы, внедренные в комплекс пассивной окраины: две

трубки в районе севернее Голдена и Рам и две трубки северо-западнее Элкфорда. Внедрение их происходило в ордовике – силуре, перед девонем и в пермо-триасе. Алмазы обнаружены в диатремах Джек (горы Ленс), Марк (р. Валенсинас), Рам 5 и 6. Наиболее изученная алмазоносная кимберлитовая трубка Рам 6 залегает к северу от Илкворда [30].

Особый интерес представляют алмазоносные лампроиты района Коромандел, Бразилия [35]. Вместе с кимберлитами, карбонатитами, лампрофирами они прорывают как метаосадочные породы чехла кратона, так и группы Аракса и Канастра, соответственно Урусанского и Бразильского складчатых поясов среднего рифея и венда. Отметим,

что, как и в вышеотмеченных случаях, лампроиты Коромандел прорывают существенно миеогесинклинальные толщи, формировавшиеся в энсиалических условиях, по-видимому, на коре погруженной окраины архейского кратона Сан Франсиску [4].

По-видимому, аналогичное тектоническое положение занимают возможные коренные источники россыпей алмазов в пределах краевых структур эпикратонной Верхоянской складчатой системы вдоль всей восточной окраины Сибирской платформы, где под складчатые структуры верхоянских мезозоид плавно погружаются краевые части Оленекского и других кратонов.

Аллохтонные перекрытия окраин архейских кратонов. В строении аллохтонных чешуй могут участвовать образования как внешних, так и внутренних зон орогенических поясов. Очевидно, что в данном случае свойства литосферной мантии кратонных частей, перекрытых поверхностями срывов, также остаются не измененными. Хороший пример данной обстановки — положение кимберлитов Лесото (рис. 2) на окраине кратона Каапвааль в Южной

Африке [28]. Кимберлиты с возрастом 95 млн. лет прорывают лавы Карру и подстилающие их мезопротерозойские образования провинции Наталь, тектонически надвинутые на южный край кратона, обозначенного сдвиговой зоной Лилани-Матигулу. Северный край аллохтона представлен фронтом Тугела. Кимберлиты внедрены в полосу между этими структурными линиями. Породы аллохтона представлены осадками континентальной пассивной окраины — основными вулканитами с возрастом 1,2 млрд. лет и плутоническими породами, рассматриваемыми как часть офиолитовой ассоциации, обдуцированными на южный край кратона Каапвааль. До аккумуляции район Лесото представлял собой пассивную окраину, обращенную в открытый океан на юге.

Близкое структурное положение занимают кимберлиты Финляндии [26]. Они находятся в зоне сочленения Карельского архейского кратона и образований реннепротерозойского свекофенского пояса, надвинутых на кратон. Пояс причленен к кратону 2,0–1,8 млрд. лет тому назад в ходе субдукции океанической пластины под Карельский конти-

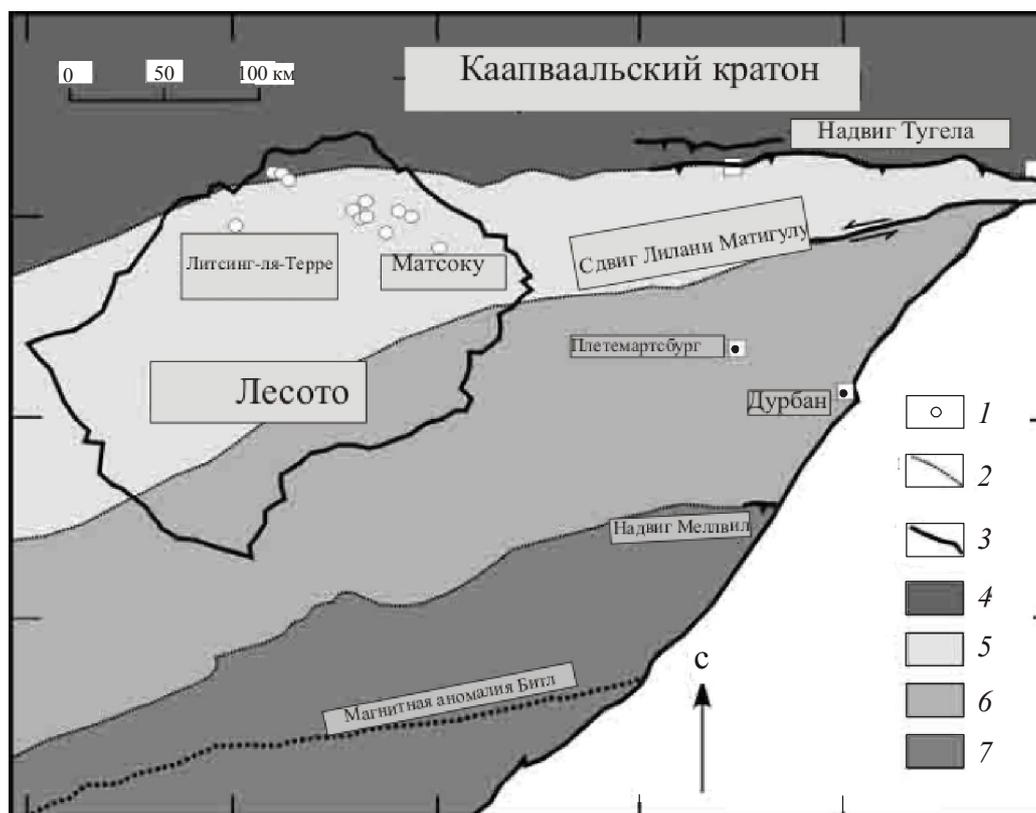


Рис. 2. Схематическая карта района Лесото, по [13]:

сдвиговая зона Лилани-Матигулу соответствует краю Каапваальского кратона; кимберлиты Лесото залегают в пределах аллохтона Тугела; 1 — кимберлиты; 2 — магнитный линеамент; 3 — тектонический разлом; 4 — Каапваальский кратон; рельефы: 5 — Тугела; 6 — Мзумбе; 7 — Маргате

нент и последующей коллизии. Кимберлиты прорывают как породы кратона, так и образования раннепротерозойских аллохтонных пластин.

В настоящее время в Восточной Финляндии (приблизительно в 400 км на северо-запад от окончания Ладожского озера) известны 24 кимберлитовых тела, представленных небольшими трубками и дайками, образующими две группы — Каави и Куопио. Из 24 тел 12 содержат микроалмазы, а четыре — значительное их количество (более 0,1 кар./т). Аналогичное положение занимают алмазоносные кимберлиты, прорывающие кратон Сан Франсиску и образования неопротерозойского пояса Бразилиа, надвинутые на западный край этого кратона [35].

Участки орогенных поясов, расположенные над ответвлениями корней литосферной мантии кратонов. Алмазоносные кимберлиты Летлхакейн интродуцированы в протерозойский пояс Магонди на территории Ботсваны. Тектоническое положение этих кимберлитов является аномальным, учитывая общепринятую корреляцию алмазоносных кимберлитов с архейскими кратонами [17, 32]. Изучение мантийных ксенолитов в кимберлитах Восточной Ботсваны однозначно показало, что кимберлиты Летлхакейн подстилаются древней холодной и очень мощной литосферой, возможно, связанной с продолжением литосферных корней кратона Зимбабве. Восточная оконечность протерозойского пояса Магонди, в которую внедрены кимберлиты, интерпретируется как поверхностная надвиговая структура, не имеющая корней в мантии, надвинутая на ответвление кратонного «киля».

Кратонные «кили», благоприятные для образования и сохранения алмазов, продолжают в мантию до значительных глубин и характеризуются разветвленной структурой, более сложной, чем изображается на идеализированных рисунках. Этим объясняется наблюдающееся иногда отсутствие алмазов в кимберлитах, расположенных в непосредственной близости от кратонов, и локализация крупных месторождений алмазов на значительном расстоянии от видимых окраин кратонов, над ответвлениями их литосферных корней. Кратоны и в данном случае контролируют размещение кимберлитов, однако в поверхностной структуре этот контроль не просматривается.

Гранулитовые пояса. Рассмотрим гранулитовые пояса, сформированные в результате континентальной гиперколлизии гималайского типа. Рост алмазов в рассматриваемом типе коллизионных структур шел на фоне переутолщения коры и ее погружения ниже глубин графит-алмазной изограны. Типичным примером является пояс Лимпопо Южной Африки, вмещающий ряд месторождений алмазов, связанных с кимберлитами, — Венеция, Ривер-Рэнг, Марнитц и Орапа (рис. 3). Крупнейшее

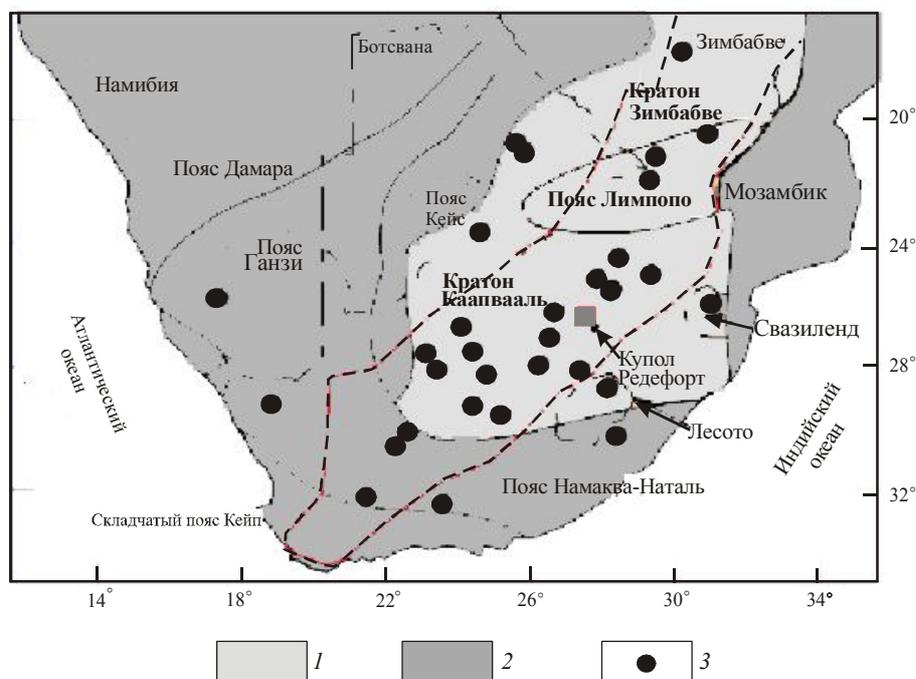


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Южной Африки и расположение главных кимберлитов, по [31]:

1 — кора архейских кратонов Каапвааль, Зимбабве и архейско-палеопротерозойского пояса Лимпопо; 2 — протерозойские пояса; 3 — кимберлиты

из них — Орапа — располагается в Северо-Восточной Ботсване в пределах Северной зоны на пересечении пояса Лимпопо с рифейским интракратонным Дамарским поясом, где присутствуют две ослабленные зоны, тогда как Венеция и другие месторождения локализованы в Центральной зоне близ Мессины (ЮАР) [34]. Этот пояс представляет собой коллизионную структуру, возникшую в результате конвергенции кратонов Каапваальского и Зимбабве в конце архея с последующим подъемом переутолщенной коры (см. рис. 3) между 2,66 и 2,57 млрд. лет. В строении пояса Лимпопо значительное участие принимают породы, метаморфизованные в гранулитовой фации. В раннем протерозое пояс испытал тектонотермальную переработку — образование деформационных зон и внедрение гранитов (комплекс Махалапи) с возрастом 2023 млн. лет. По тектонической природе пояс Лимпопо относится к гранулитовым поясам.

Литосферная мантия пояса Лимпопо имеет мощность от 120–180 км и крайне деплетирована [29]. При этом алмазы в поле низкоскоростной мантии отличаются по составу, содержат преимущественно эклогитовые включения. Высокий процент из них, согласно Re-Os определениям, имеют протерозойский возраст. Рост алмазов в рассматриваемом типе коллизионных структур происходил на фоне переутолщения коры и ее погружения ниже глубин графит-алмазной изограды.

С учетом алмазоносности рассматриваемых структур расширяются теоретические предпосылки возможного открытия алмазоносных кимберлитов в других аналогичных раннедокембрийских гранулитовых поясах, не претерпевших рифейской переработки, таких как Беломорский, Становой и др. При этом повышается общая алмазоперспективность Сибирской платформы, дорифейский фундамент которой формировался в результате аккреции архейских террейнов в раннем протерозое с соответствующим развитием коллизионных гранулитовых поясов [29]. То же можно сказать применительно к значительной части фундамента Восточно-Европейской платформы. Не исключена перспективность в этом отношении и более молодых структур аналогичной природы, таких как Гренвильский пояс Северной Америки, Мозамбикский пояс Восточной Африки и др., содержащих в своем составе переработанные фрагменты архейской коры. В этой связи следует отметить, что Гренвильский пояс обладает исключительно мощной протерозойской литосферой — более 200 км. Кимберлиты Кентукки и Пенсильвании расположены на гренвильском фундаменте.

Возможно, в близкой тектонической обстановке формировались алмазоносные кимберлиты

района Мбужи Майи (Демократическая Республика Конго) с возрастом внедрения 71 млн. лет. Данные трубки прорывают гранулитовые гнейсы и метаморфизованные в той же фации габбро-нориты щита Касаи. В ксенолитах отмечены эклогиты и основные кианитсодержащие гранулиты, сформированные при метаморфизме 920°C и давлении 20–21 кбар. Все ксенолиты подверглись метасоматическим процессам. Изотопные данные свидетельствуют о слегка деплетированном мантийном источнике. Возраст гранулитового метаморфизма определен в 2400 млн. лет [15].

Возможная перспективность гранулитовых поясов, по-видимому, определяется рядом факторов. Большое значение имеет тип коллизии, ее продолжительность. В указанных примерах имела место гиперколлизия гималайского типа, сопровождающаяся высокобарическим гранулитовым метаморфизмом. Алмазоносный кимберлитовый магматизм не характерен для поясов низкобарических гранулитов. Так, метаморфический комплекс Намаква, обрамляющий Каапваальский кратон и развивавшийся в режиме горизонтальной континентальной аккреции с кратковременным периодом низкобарического гранулитового метаморфизма и утолщения коры в интервале 1060–1030 млн. лет (эпизод Намаква), содержит относительно многочисленные, но не алмазоносные кимберлиты (см. рис. 3).

Коллизионные и аккреционно-коллизионные пояса. Коллизионные орогенические пояса образуются в результате континентальной коллизии без предшествующей аккреции террейнов, тогда как такая аккреция имеет место при образовании аккреционно-коллизионных орогенических поясов. Установлено, что алмазы могут продуцироваться в процессе континентальной коллизии при быстром наращивании мощности литосферы на ее глубоких уровнях. Примером размещения алмазоносных кимберлитов в пределах аккреционно-коллизионного пояса является кимберлитовый пояс Форт а ля Корн [19] в Центральном Саскачеване, Канада (рис. 4), протягивающийся на 50 км в северо-западном направлении в пределах Трансгудзонского пояса (1,8 млрд. лет). Он содержит 73 кимберлитовых тела мелового возраста диаметром в основном менее 200 м, но иногда достигающих 2 км. В наибольшем кимберлите содержание алмазов на 1 т руды четко увеличивается с глубиной и приближением к жерловой структуре более молодой фазы внедрения в центре трубки.

Кимберлиты внедрены в осадочные кембро-ордовикские и меловые отложения мощностью 600 м, залегающие на кристаллическом фундаменте протерозойского возраста [18, 25]. Эти породы формируют часть домена Гленни внутренней зоны Рейн-

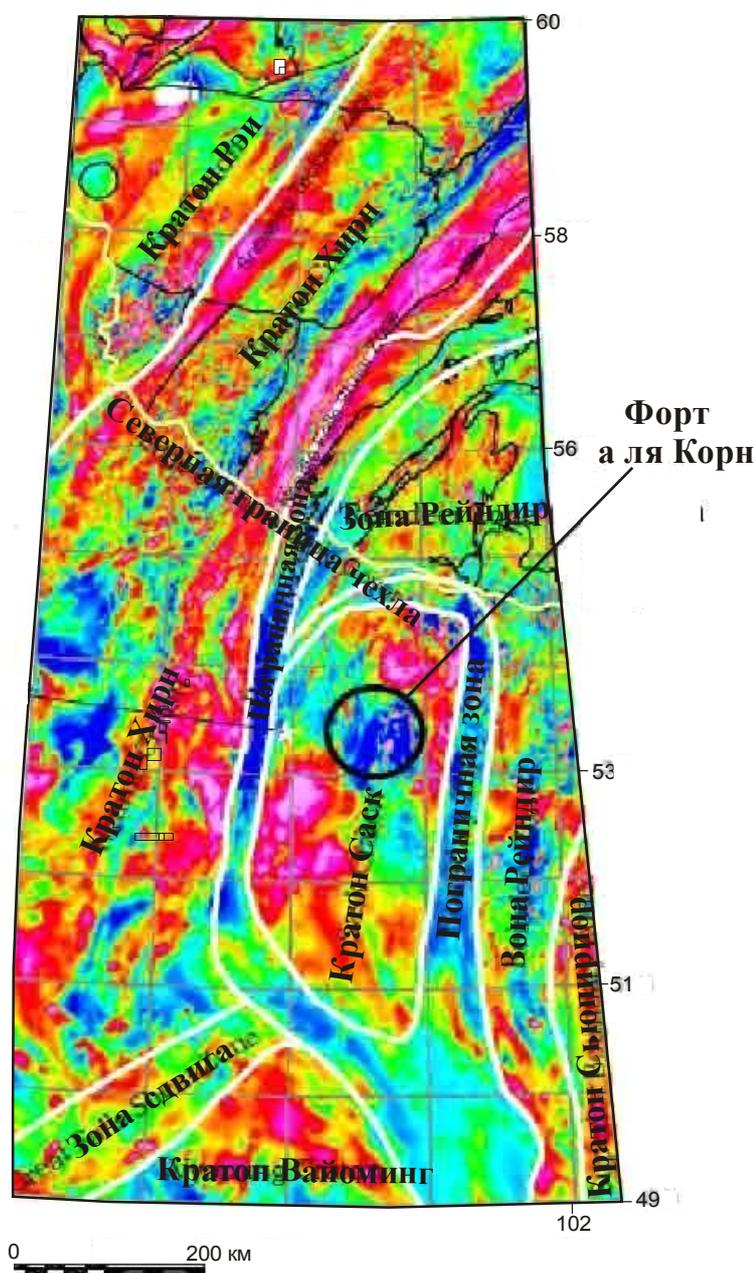


Рис. 4. Аэромагнитная карта Трансгудзонского палеопротерозойского пояса и прилегающих структур в районе кимберлитового поля Форт а ля Корн, по [25]:

дир Трансгудзонского орогена, сложенного островодужными вулканитами, разделенными переработанными архейскими гнейсами, слагающими микроконтинент — кратон Саск. Ранняя аккреционно-коллизийная тектоника в поясе началась в интервале 1880–1870 млн. лет. В процессе замыкания океана имела место амальгамация композитных

террейнов. В интервале 1850–1840 млн. лет произошло формирование окраинного бассейна Киссинью, а 1840 млн. лет назад — столкновение развивающегося орогена с кратоном Саск. Косая коллизия с кратоном Сьюпириор произошла в интервале 1810–1800 млн. лет со сдвигом и надвиганием кратона Сьюпириор на зону Рейндир. Наличие ким-

берлитов Форт а ля Корн предполагает, что мантийные корни кратона Саск остались неповрежденными в процессе коллизионных событий гудзонской орогении.

Другим примером локализации алмазоносных кимберлитов в пределах раннепротерозойского орогенного пояса является провинция Юго-Восточная Черчилл (Канада) с возрастом 1800 млн. лет. В ее строении выделяются складчатые зоны Нью Квебек и Торнгат, разделенные архейским срединным массивом Кор. Алмазоносные кимберлиты гор Торнгат обнажаются в полосе длиной 73 км и шириной 2,3 м. Обнаружено 18 даек и четыре трубки. С 1999 г. добыто около 3 тыс. алмазов. Кимберлиты приурочены к сдвиговой зоне, расположенной вдоль границы срединного массива и края складчатой зоны Торнгат и относящейся в геодинамическом плане к аккреционной призме. Таким образом, в данном случае просматривается аналогия с тектонической позицией кимберлитов Саскачевана — у края срединного массива [36].

Кимберлитовое поле Мерлин [23] находится на восточном крыле трога Баттен, в 6 км к востоку от ограничивающего его разлома Эму. Трог (авлакоген) Баттен расположен на юге мезопротерозойской впадины Мак Артур, в 725 км юго-восточнее Дарвина. Ее фундаментом являются палеопротерозойские вулканы. Трог Баттен перекрыт кембрийскими песчаниками и траппами и представляет собой грабен, выполненный нижнерифейскими осадками впадины Мак Артур мощностью 10 км. Кимберлиты Мерлин — самые молодые вулканы района. Их возраст 370–380 млн. лет (средний девон). Поле включает 15 кимберлитовых трубок, составляющих пять кустов на площади 10×5 км. До 2003 г. на руднике Мерлин добыто 0,5 млн. кар. высококачественных алмазов.

Ярким примером внекратонной алмазоносности в пределах коллизионных раннепротерозойских поясов, но связанной с лампроитами и поэтому здесь не рассматривающейся, является известное месторождение Аргайл в Западной Австралии. Оно расположено в протерозойской складчатой системе Холлс Крик и обеспечивает одну треть объема мировой продукции алмазов.

Краевые аккреционные орогенические пояса. Аккреционные пояса формируются в результате латеральной аккреции террейнов — процесса приращения к краям континентов аллохтонных блоков различной природы (островных дуг плато микроконтинентов и др.). Ниже приведены известные примеры раннепротерозойских структур данного типа, содержащих алмазоносные кимберлиты.

Бирримский пояс Западной Африки сложен слабометаморфизованными базальтами, андезитами,

фельзитами, пелагическими кремнистыми породами, черными сланцами и кластическими отложениями раннего протерозоя. Почти половину области слагают известково-щелочные и редкие калиевые гранитоиды. В настоящее время рядом исследователей для формирования пояса предложена геодинамическая модель краевой аккреции океанических плато и островных дуг, причлененных к краю кратона Мен в интервале 2,2–2,0 млрд. лет [8, 21]. Алмазоносные кимберлиты в пределах Бирримского пояса известны в Мали, Кот ди Вуар и Гвинее.

Кимберлиты Киньеба расположены в Западном Мали в пределах раннепротерозойского пояса между Регибатским и Леоно-Либерийским кратонами, у западного края впадины Таудени. Они содержат низкокачественные алмазы и датированы 1100 млн. лет. Севернее, в Мавритании, по данным магнито-разведки установлены 103 аномалии, из них 53 цилиндрических тела, соответствующих трубкам. Ширина их варьирует от 222 до 970 м, в среднем 477 м. Эти крупные аномалии на архейском кратоне Таудени в основном концентрируются вдоль границы с впадиной Таудени, как и кимберлиты Мали, т. е. занимают внекратонное положение, в пределах раннепротерозойского Бирримского пояса.

Кимберлитовая провинция Северной Альберты (Канада) расположена в платформенных условиях [33]. Район перекрыт преимущественно меловыми и третичными отложениями общей мощностью 2700 м. Согласно данным исследований по проекту «Литопроба», структура фундамента территории Северной Альберты представляется в виде серии террейнов, причлененных к краю архейского кратона Хирн в процессе горизонтальной континентальной аккреции, имевшей место в интервале 2,1–2,3 млрд. лет [27]. В центральной части расположен коллаж архейских террейнов (микроконтинентов) Буффало Хед и Чинчага, коллизия между которыми имела место между 2325 и 2045 млн. лет. Полное закрытие океанических бассейнов, магматизм континентальной окраины андийского типа и зон коллизии произошли в интервале 1998–1900 млн. лет. Заключительные стадии аккреции выразились в формировании зон сдвигов и постколлизии магматизме.

Кимберлитовая провинция Северной Альберты включает три поля: Маунтейн Лейк (2 трубки), Буффало Хед Хиллс (48 трубок) и Бирч Маунтейн (98 трубок). Возраст внедрения кимберлитов — поздний мел. Главное поле поздне меловых алмазоносных кимберлитов находится в блоке Буффало Хед. В нем содержится 48 кимберлитовых трубок, из которых 26 алмазоносны. Три кимберлита содержат более 11 кар. на 100 т, а одна проба — 55 кар. на 100 т.

Алмазоносная провинция Колорадо-Вайоминг расположена на границе аккреционного раннепротерозойского орогенического пояса Центральных равнин (Явапайская зона) и кратона Вайоминг. Сложена породами островодужного типа с возрастом 1,7–1,8 млрд. лет. К ней принадлежит крупный алмазоносный район Стейт Лайн в США (рис. 5).

Кимберлитовое поле, характеризующееся сложной разломной тектоникой, приурочено к зоне коллизии (1,7 млрд. лет) островной дуги и кратона Вайоминг [20].

Архейский кратон Вайоминг с юга обрамляется гнейсами и сланцами островодужной природы провинции Колорадо с возрастом 1,9–1,7 млрд. лет и

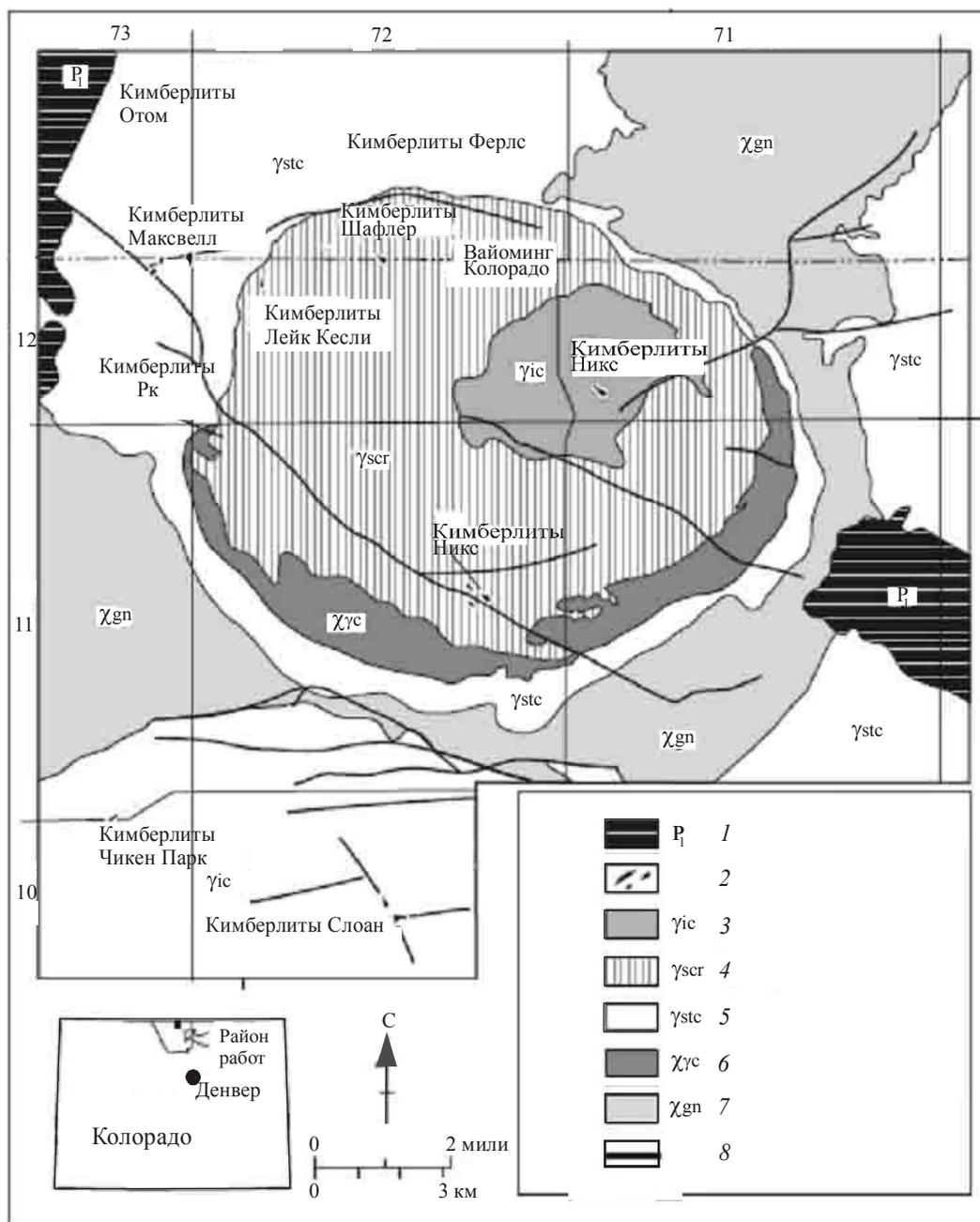


Рис. 5. Геологическая карта района Стейт Лайн Дистрикт, по [9]:

фанерозойские породы: 1 — пенсильваний ф. Фаутейн, 2 — девонские кимберлиты; протерозойские породы: 3 — граниты Лог Кабин; граниты Шерман; 4 — монцитоны, 5 — граниты Тролл Крик, 6 — диориты, 7 — гнейсы; 8 — разломы

прорванными гранитами с возрастом 1,5 млрд. лет. Коллизия островной дуги с кратоном Вайоминг произошла 1,7 млрд. лет назад. Граница коллизии представляет главную сутурную зону, известную под названием пояс Чейни. В пределах этой протерозойской области (провинция) находятся два крупнейших кимберлитовых поля США: район Колорадо-Вайоминг Стейт Лайн (пограничный район штатов Вайоминг и Колорадо) [10] и район Железорудных гор. Кимберлиты алмазоносны только в первом поле, при этом алмазоносным является каждый кимберлит. Кимберлиты внедрены в граниты Шерман (1,4 млрд. лет), прорывающие протерозойский фундамент провинции Колорадо (см. рис. 5). В основном присутствуют гипабиссальные и диатремовые фации, реже кратерные. В районе Стейт Лайн известно около 40 кимберлитов с возрастом 377 млн. лет (девон). Из этого района добыто 130 тыс. ювелирных и промышленных алмазов, включая ювелирные массой более 28 кар. Содержание от 0,005 до 0,461 кар. на 1 т, и в некоторых пробах 1,35 кар. на 1 т. Рудник Келси Лейк имеет запасы 16,9 млн. т руды.

Анорогенные вулканоплутонические пояса и ареалы. В пределах Амазонского кратона Южной Америки обнаружены алмазоносные кимберлиты на площадях развития характерных вулканоплутонических ассоциаций, представленных наземными преимущественно кислыми вулканитами известково-щелочного и щелочного рядов и плутонами гранитов и анортозитов-рапакиви. Вулканиты и граниты ассоциируют с мощными пачками осадочных пород преимущественно кварцевого состава. Данная обстановка локализации алмазоносных кимберлитов, отличающаяся своеобразным магматизмом, заслуживает специального рассмотрения, поскольку подобные вулканоплутонические ассоциации встречаются на всех континентах либо в виде поясов (Акитканский пояс Сибири), либо в виде площадных ареалов (Гвианский щит). Этот магматизм широко проявился на Земле, охватывая период 1,9–1 млрд. лет, переходный от раннего к среднему протерозою, местами продолжаясь до 1,4 млрд. лет. Тектоническая природа этих образований трактуется в каждом конкретном случае неоднозначно — от анорогенной до субдукционной.

Провинция алмазоносных кимберлитов Гуаниамо [6, 12] находится в пределах района Кучиверо Гвианского щита. Ее территория сложена среднепротерозойскими преимущественно кислыми вулканитами и гранитами (1,9–1,7 млрд. лет), частично перекрытыми отложениями среднепротерозойской формации Рорайма. На рубеже 1,6 млрд. лет область претерпела рифтогенез, а в интервале 1,55–1,42 млрд. лет — анорогенный магматизм и

активизацию эпизода Паргуаза. Внедрение кимберлитов произошло 712 млн. лет назад. Провинция характеризуется максимальным развитием эколгитовых кимберлитов. Ее кора подстилается деплетированной литосферной мантией, испытавшей андемплейтинг за счет менее деплетированной океанической литосферы в процессе субдукции (1,5–1,6 млрд. лет), явившейся источником эколгитовых кимберлитов. Смешанная архейско-раннепротерозойская мантия оставалась при этом в области стабильности алмаза, имея мощность 135–150 км. В данной интерпретации большое значение придается процессам субдукции [6, 12]. Вместе с тем, группа Кучиверо традиционно коррелируется с анорогенными магматитами групп Уатума или Суруму южной части Амазонского кратона.

На Амазонском кратоне кимберлиты залегают в анорогенном вулканоплутоническом поясе Риу Негро Джуруена и Рондония. Перспективным считается кимберлитовое поле Джурина на Амазонском кратоне. Исследование включений в алмазах из этого поля показало, что магма формировалась на глубине 200 км. Кимберлитовая провинция Рондония расположена в одноименном штате Северо-Западной Бразилии. Разведанный район Пимента Буено включает 32 кимберлитовые трубки, из которых 15 алмазоносны, а 11 — имеют промышленное значение. В строении фундамента провинции Рондония участвуют комплексы пород, датированные от 1,9 до 1,0 млрд. лет. Общепринятой тектонической модели рассматриваемой области не имеется. В большинстве работ эволюция этой части Амазонского кратона после трансамзонского орогенеза (1,8±2 млрд. лет) трактуется в ключе своеобразного платформенного режима с образованием анорогенных вулканоплутонических ассоциаций и осадочных пород на более древнем фундаменте [10, 11]. При этом выделяются три эпохи такого плутонизма в течение интервала 1,8–1,0 млрд. лет: Уатума, Паргуаза и Рондония. В тектоническом плане комплексы провинции Рондония по своей природе относятся к энсиалическим. Провинция Рондония известна развитием гранитов, в том числе и типа рапакиви с возрастом 1270–1180 млн. лет, возникших за счет анатексиса более древней коры и вмещающих оловянное и танталовое оруденение.

Вместе с тем, в последние годы популярны другие геодинамические модели провинции Рондония. Смысл их заключается в продолжении на запад континентальной аккреции, начавшейся формированием орогена Риу Негро Джуруена и причленением его к краю Центрально-Амазонского кратона. Согласно этой точке зрения, территория Матто Гроссо и Рондония сформировалась в результате аккреции трех

островных дуг: Рио Аллегре Санта, Хелена и Качеринга [12]. В этом случае тектоническая природа субстрата будет отвечать аккреционному поясу. Как бы то ни было кимберлитовая провинция Рондония с ее высококачественными алмазами является прекрасным примером локализации продуктивного кимберлитового магматизма, не подчиняющейся классическому правилу Клиффорда.

Итак, данные об алмазоносном кимберлитовом магматизме, отмеченном в различных структурах за пределами архейских, противоречат распространенному подходу в определении тектонических критериев алмазоносности, направленному исключительно на архейские кратоны.

Это обстоятельство, с одной стороны, оправдывает первоначальное более широкое понятие правила Клиффорда. С другой стороны, сведения об алмазоносных кимберлитах внутри рифейских и фанерозойских складчатых поясов, а также областей мезозойско-неопротерозойского анорогенного магматизма позволяют еще более расширить тектонические факторы алмазоносности, выводя их за рамки классических схем.

При конкретной оценке алмазоносности регионов, придавая первостепенное значение архейским кратонам, по-видимому, следует учитывать более широкий спектр тектонических обстановок в их пространственном взаимоотношении с кимберлитовыми коридорами [37] или алмазоносными зонами [2] определенного простирания (см. рис 1), содержащими алмазоносные кимберлиты.

Вместе с тем, закономерности размещения алмазоносных кимберлитов за пределами архейских кратонов изучены недостаточно. Определенно можно констатировать их присутствие в разнообразных тектонических обстановках и в различных по масштабу проявлениях — от крупных месторождений до слабоалмазоносных кимберлитовых тел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Божко Н.А. Геотектонические факторы локализации алмазоносных кимберлитов в свете современных данных // Проблемы прогнозирования поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. 2003. С. 360–365.
2. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и мира. — М.: Геоинформмарк, 2000.
3. Киселев А.И. Кратоны, интракратонные и окраинные мобильные пояса и их алмазоносность // Руды и металлы. 1998. № 6. С. 15–24.
4. Bizzi Luiz Augusto. Mesozoic alkaline volcanism and mantle evolution of the southwestern Sao Francisco craton, Brazil // Thesis presented for the degree of doctor of philosophy in the Department of Geological Sciences — University of Cape Town June, 1993.
5. Black L.P., Ferguson J. and Gray P.T. A Jurassic U-Pb age for a South Australian kimberlitic rock // South Australia. Geological Survey. Quarterly geological Notes. 1993. Vol. 125. P. 2–5.
6. Channer D.M.DeR., Egorov A. and Kaminsky F.V. Geological and tectonic setting of the Guaniamo kimberlite sheets, south-west Venezuela // 8-th. International Kimberlite Conference (8IKC).
7. Clifford T.N. Tectono-magmatic-units, metallogenic provinces of Africa // Earth Planet. Sci. Let. 1966. № 1. P. 421–434.
8. Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga / M.Boher, W.Abouchami, A.Michard et al. // Journal of Geophysical Research. 1992. Vol. 97. № B1. P. 345–369.
9. Colorado Geological Survey, ROCKTALK. 1993. Vol. 2. № 3.
10. Delgado I.M., Pedreira A.I., Thorman C.H. Geology and mineral resources of Brazil: a review // International Geology Review. 1994. Vol. 36. P. 503–544.
11. Dexheimer Jayme Alfredo and Saes Gerson Souza. Geology of the Southern Amazon craton in southwestern Mato Grosso, Brazil // Revista Brasileira de Geociencias. 2000. Vol. 30. P. 91–94.
12. Diamonds from the Guaniamo area, Venezuela / F.V.Kaminsky, D.D.Zakharchenko, W.L.Griffin et al. // Can. Mineralogist. 2000. Vol. 38. P. 1347–1370.
13. Diamonds in South Australia // Earth Resources Information Sheet. Office of Minerals and Energy Resources South Australia. 2001. M11. P. 4.
14. Eccles D.R., Heaman L.M., Luth R.W. and Creaser R.A. Petrogenic considerations for the Late Cretaceous Northern Alberta kimberlite Province // 8-th. International Kimberlite Conference. Long Abstracts. 2003. P. 1–5.
15. Elfadili S. and Demaiffe D. Petrology of eclogite and granulite nodules from the Mbuji Mayi kimberlites (Kasai, Congo): the significance of kyanite-omphacite intergrowths // Proceedings of the 7-th International Kimberlite Conference. (Cape Town). 1999. Vol. 1. P. 205–213.
16. Ferguson R.J. Kimberlite and kimberlitic intrusives of southeastern Australia // Mineralogical Magazine. 1980. Vol. 43. P. 727–731.
17. Geochemical and geophysical perspectives on diamond formation beneath southern Africa / S.B.Shirey, J.W.Harris, D.James et al. // Slave-Kaapvaal workshop. 2001. September 5–9. Merrickville. Ontario. Canada. P. 160–162.
18. Grant N. Processing, interpretation and databasing of magnetotelluric data from the Trans-Hudson orogen: Rapid 2D inversion of the THOT92 regional datasets // Lithoprobe Publication. 1997. № 62. P. 16–61.
19. Harvey S. Synthesis of Diamond Recoveries from the Fort la Corne Kimberlite Field, East-central Saskatchewan // Summary of Investigations. 2004. Vol. 2.
20. Hausel W. Dan. Diamonds and mantle source rocks in the Wyoming craton with a discussion of other U.S. occurrences // Wyoming State Geological Survey Report of Investigations 53. 1998.
21. Hirdes W. and Davis D.W. U-Pb geochronology of paleoproterozoic rocks in the southern part of the kedougou-Kenieba inlier, Senegal, West Africa: evidence for diachronous accretionary development of the Eburnean province. 2002.

22. *Jance A.J.A., Sheahan P.A.* Catalogue of world wide diamond kimberlite occurrences: a selective, annotative approach // *Diamond Exploration: Into the 21st Century*. J. Geochem. Explor. 1995. P. 73–111.
23. *Merlin* diamondiferous kimberlite pipes / D.C.Lee, T.H.Reddicliffe, B.H.Scott Smith et al. // *Geology of Australian & Papua New Guinean Mineral Deposits*. The AusIMM, Melbourne Mono.1998. 22. P. 461–464.
24. *Morris B.J. and Townsend I.J.* Eureka kimberlite province — a diamondiferous dyke swarm // *MESA Journal*. 2003. 15. P. 18–19.
25. *Robertshaw P.* Report on the Diamonds Exploration Potential of Five Properties in the Fort a la Corne area, Saskatchewan, on behalf of Fort a la Corne Diamond Fields Inc. // *Robertshaw Geophysics*. October. 28, 2002
26. *Rocks from Finland* // *Proceedings of the 7-th International Kimberlite Conference*, University of Cape Town, South Africa, April 11–17, 1998. Vol. 2: University of Cape Town, P. 625–636.
27. *Ross G.M and Eaton D.W.* Proterozoic tectonic accretion and growth of western Laurentia: results from Lithoprobe studies in northern Alberta Can. // *J. Earth Sci./Rev. Can. Sci. Terre* 39(3). 2002. P. 313–329.
28. *Schmitz M.D., Bowring S.A.* The significance of U-Pb zircon ages from lower crustal xenoliths of the south-western margin, Kaapvaal Craton, southern Africa // *Chemical Geology*. 1999.
29. *The Siberian* lithosphere traverse: mantle terranes and the assembly of the Siberian craton / W.L.Griffin, C.G.Ryan, F.V.Kaminsky et al. // *Tectonophysics*. 1999. Vol. 310. P. 1–35.
30. *Simandl G.J.* Diamond Potential in British Columbia, Canada // 8-th International Kimberlite Conference, Victoria, BC, Canada, June 22–27, 2003. Extended abstracts, CD ROM, 6 pages.
31. *Southern African Kimberlites and their xenoliths* / J.J.Gurney, R.O.Moore, M.L.Otter et al. // *Magmatism in extensional Structural Settings — The Phanerozoic African Plate*. Berlin, 1991. P. 495–535.
32. *Stiefenhofer J., Viljoen K.S., Marsh J.S.* Petrology and geochemistry of peridotite xenoliths from the Letlhakane kimberlites, Botswana // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 1997. Vol. 127. № 1–2. P. 147–158.
33. *The diamond potential of Alberta* / M.B.Dufresne, D.R.Eccles, B.McKinstry et al. // *Alberta Geological Survey. Bulletin* 063. 1996.
34. *The geology of the area surrounding the Venetia kimberlite pipes, Limpopo Belt, South Africa: A complex interplay of nappe tectonics and granitoid magmatism* / J.M.Barton, Jr.W.P.Barnett, E.S.Barton et al. // *South African Journal of Geology*. September 2003. Vol. 106. № 2–3. P. 109–128.
35. *Tompkins L.A., Gonzaga G.M.* Diamonds in Brasil and a proposed model for the origin and distribution of diamonds in the Coromandel region, Minas Gerais, Brasil // *Economic Geology*. 1989. Vol. 84. P. 591–602.
36. *Wardle R.J., James B., Scott D.J. and Hall J.* The Southeastern Churchill Province: synthesis of a Paleoproterozoic transpressional orogen // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2002. Vol. 39. P. 39–663.
37. *White S.N., Boorder H., Smith C.B.* Structural controls of kimberlite and lamproite emplacement // *Journal Geochemical Exploration*.1995. Vol. 53. P. 245–264.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИИ



УДК 550.814:528.77 (575.1)

© Ш.Э.Эргашев, М.М.Пирназаров, 2006

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ВОЗРАСТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ ГЛУБИННЫХ СТРУКТУР (НА ПРИМЕРЕ ГОР НУРАТАУ)

**Ш.Э.Эргашев, М.М.Пирназаров (Институт минерального сырья,
Республика Узбекистан)**

Широкое распространение в Западном Узбекистане концентрических структур и линейных зон преимущественно альпийского заложения свидетельствует о существенной переработке глубинными альпийскими тектоническими процессами всей его территории. Это не могло не отразиться на последовательности становления систем геофизических аномалий, коррелирующихся с молодыми фотоструктурами. Подобная корреляция указывает на существенное влияние альпийской тектоники на геофизические поля и, соответственно, — на альпийский возраст аномалий. В подтверждение изложенного получены новые материалы, которые могут использоваться при разделении геофизических полей на молодые (альпийские) и древние (доальпийские) возрастные единицы.

Проблема разделения геофизических полей литосферы на древние (доальпийские) и молодые (альпийские) возрастные единицы имеет давние традиции и периодически поднимается в геологических публикациях. Она основывалась на признании активного проявления альпийских тектонических процессов на всей территории Тянь-Шаня, соответствующем положению о том, что «рельеф границы Мохоровича», глубина ее залегания и физические параметры отражают совокупность процессов, происходящих в глубоких недрах, которые так или иначе проявляются на поверхности «фундамента» [3]. Объекты или производные этих процессов и их очертания с большой степенью вероятности фиксируются при интерпретации материалов, полученных дистанционными (геолого-геоморфологические составляющие дневной поверхности) и геофизическими (глубинное расчленение коры) методами исследований.

Совместный анализ полученных данных с учетом материалов геологического строения домезозойского фундамента Кызылкумов позволил А.К.Бухарину, Ш.Э.Эргашеву и др. [2] прийти к предварительному заключению о возможности существенных ошибок в геолого-геофизической ин-

терпретации строения домезозойского складчатого основания Кызылкумов, о необходимости разделения геофизических полей региона на альпийские и доальпийские возрастные единицы и выработки поправочных коэффициентов с целью использования их при геолого-геофизическом картировании на закрытых территориях. Основанием для подобного вывода послужил тот факт, что в Западном Узбекистане широко распространены (охватывают более 80% территории) концентрические структуры и линейные зоны преимущественно альпийского заложения [4, 5], возникшие в результате существенной переработки альпийскими глубинными тектоническими процессами всей его территории. Это не могло не отразиться и на последовательности становления систем гравитационных и магнитных аномалий, коррелирующихся с молодыми линейными и кольцевыми фотоструктурами. Подобная корреляция указывает на существенное влияние альпийской тектоники на геофизические поля изучаемой территории и, соответственно, — на альпийский возраст аномалий. В настоящее время наблюдаются «продукты» интерпретации магнитных и гравитационных полей, обусловленной, с одной стороны, вещественным составом домезо-

зойского фундамента, а с другой — альпийскими тектоническими процессами. В подтверждение изложенных выше предположений были получены новые, мало известные данные, которые использованы при разделении геофизических полей на молодые и древние возрастные единицы.

На различных этапах усовершенствования космофотогеологических исследований, проведенных на объектах в высокогорных (1991–1994 гг.), низкогорных (1995–1998 гг.) и среднегорных (1999–2004 гг.) геолого-ландшафтных условиях Узбекистана, были получены фотогеологические материалы, раскрывающие в ряде случаев специфические особенности геолого-тектонического строения земной коры. Они, как нам представляется, имеют важное научно-прикладное значение при решении разнoproфильных геологических задач, в том числе и при интерпретации кровли домезозойского фундамента с учетом геофизических магнитных и гравитационных полей. Результаты экспериментально-оценочных работ позволили получить оптико-технические параметры дистанционных фотоматериалов, геологическая информативность которых изменяется в зависимости от географического положения и ландшафтно-климатических условий изучаемых территорий.

Не вникая в детали проведенных экспериментов и полученные при этом результаты, отметим: дистанционные исследования, осуществленные на основе снимков с предварительно рассчитанными оптико-техническими параметрами, отличаются от проведенных ранее космофотогеологических работ большей информативностью и содержанием ориентированных на селективное проявление ранее заданных признаков дистанционных данных. Например, картирование геофотоблоков — площадных вещественно-структурных единиц земной поверхности с четко выраженными фотограницами, характерными рисунками изображения и нередко фототона. Как правило, они отличаются друг от друга по геологическому строению (формационным и фаціальным признакам) или структурно-текстурным параметрам.

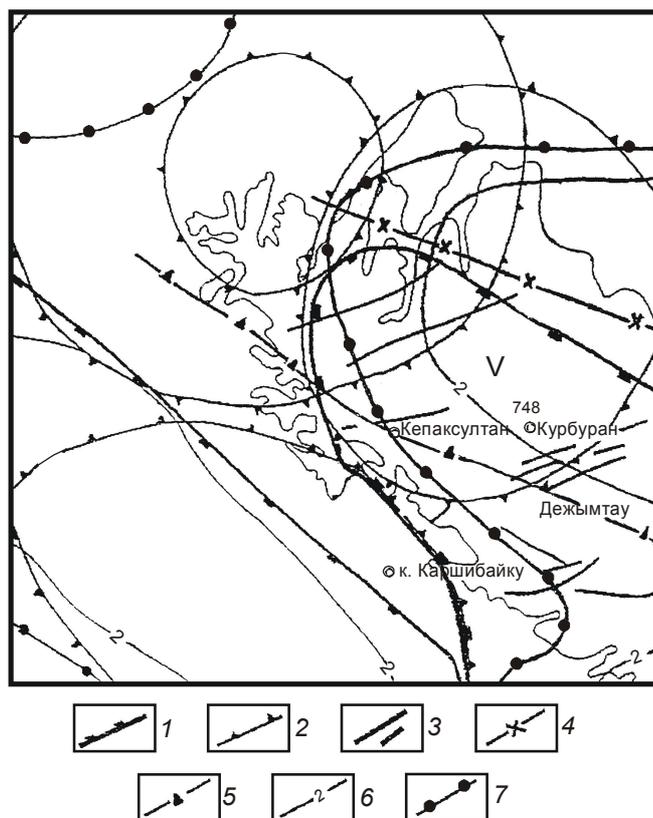
Фотоинформация о том, что кровля домезозойского фундамента под чехлом рыхлых отложений значительной (до 30–100 м) мощности буквально раздроблена на разноразмерные площадные единицы с различной конфигурацией, результатами ранее проведенных традиционных наземно-дистанционных исследований практически не подтверждается. Это объясняется тем, что подобные фотообъекты фиксируются только на материалах зондирования, полученных в конкретных природно-технических условиях (сезон и время съемки, спек-

тральный диапазон, пространственная позиция элементов, компонентов рельефа и съемочной платформы в момент зондирования), и на цифровых снимках, обработанных по специальным программам на ЭВМ. Методика картирования подобных элементов земной коры детально рассмотрена на научно-производственных отчетах сектора АКСМИ ИМП за 1994–2004 гг.

Имеют ли подобные объекты глубинные корни? Для ответа на этот вопрос фотоструктурная схема Нуратинского региона сопоставлялась с данными аномальных геофизических полей. В результате установлено, что с выявленными площадными единицами (фотоблоками, фотоплитами, фотоклиньями и др.) отчетливо коррелируются аномальные гравитационные поля. Для последних характерен своеобразный рисунок изолиний внутри фотогеобъектов, отличающийся от таковых окружающих блоков. Прежде всего, это касается геофизического подтверждения блокового разделения толщ фундамента и чехла.

В принципе структурно-площадные объекты допалеозойского, палеозойского (герцинского) фундамента и мезокайнозойского чехла теоретически должны соответствовать повторяющимся их в плане локальным максимумам, а также линии условно-нулевой изогаммы, разграничивающей области фиксирования положительных и отрицательных аномалий. Сравнительный анализ показал, что границы геофотоблоков на карте локальных аномалий силы тяжести довольно часто проявляются на участке интенсивной отрицательной аномалией до $-10...-18$ усл. ед., а геофотоблоки — до $-5-8$ усл. ед., вытянутой параллельно простиранию геоблока. Местами границы геофотоблоков почти в точности повторяют контур условно-нулевой изогаммы.

Наиболее четко это проявлено на участке расположения суперфотогеоблока V (рисунок). Как видно, граница суперфотогеоблока относительно нулевой изогаммы смещена к югу (юго-западу) на 6–10 км с заметным «подворотом» на $20-25^\circ$ к юго-западу, однако конфигурации этих двух контуров почти с точностью повторяют друг друга. Подобное повторение конфигураций и несовпадение осей контуров в современном плане может указывать на смещение верхней части разреза литосферы под влиянием новейших (альпийских?) горизонтальных движений. В данном случае осью суперфотогеоблока является ось Улусской альпийской антиклинали, а осью фигуры условно-нулевой изогаммы — ось герцинской антиклинали одноименного названия (см. рисунок). Эти сведения лишней раз указывают на динамичность развития земной коры — структуры постоянно обновляются в результате геоло-



Схематическая структурная карта западного окончания Северо-Нуратинского хребта, по геологическим, геофизическим данным и материалам дистанционного зондирования:

1 — границы суперфотогеоблоков; 2 — контур очаговых концентрических структур; 3 — известные разломы; 4 — ось герцинской антиклинальной структуры; 5 — ось альпийской антиклинальной структуры; 6 — изолинии; 7 — нулевая изогамма

тектонических движений. Кроме того, подтверждаются данные о реальности виргационно-векторных движений геоблоков по отношению друг к другу во времени и пространстве.

В магнитном поле территория суперфотогеоблока выражается как область проявления слабых изометричных аномалий положительного знака (от 0,3 до 1,5 усл. ед.), которая, вероятнее всего, коррелируется со скрытыми телами интрузий основного состава (диорит-гранодиоритового?). Характер аномалий ΔT_x в пределах фотогеоблока, по мнению геофизиков, может свидетельствовать о повышении рельефа магнитовозмущенных толщ с северо-востока на юго-запад, что согласуется с предположением о смещении геоблоков в юго-западном направлении.

Далее рассмотрены концентрические структуры (КС) района, в значительной степени определяющие особенности его геолого-структурного и геоморфологического строения и наиболее хорошо от-

раженные в магнитном поле в виде изометричных аномалий. Здесь проявлены в основном дочерние производные многозональной Западно-Нуратинской кольцевой структуры центрального типа, контролирующей оси герцинских и альпийских антиклинальных структур (см. рисунок). Характерно, что герцинские структуры размещены во внутренних, а альпийские — во внешних зонах концентрических структур. Фокальными, или фокусными, центрами — энергоочагами, создавшими подобные концентрические структуры, являются эпицентральные области, расположенные, по теоретическим расчетам, на различных глубинах вертикального разреза земной коры. Если гипотетически предположить, что направляющая конической поверхности конуса в среднем равна или стремится к 45° , то глубина нахождения энергоочага будет приблизительно равна диаметру структуры очагового типа. Аналогичный результат был получен И.И. Шафрановским (1968) методом математического моде-

лирования становления концентрических структур очагового (центрального) типа в литосфере. Если придерживаться этой концепции размещения энергоочагов, то получится, что подобные структуры изучаемого региона, как и многозональная, образовались поэтапно, в течение длительного периода развития земной коры. При этом энергоочаги, формировавшие крупные и мелкие структуры, находились на глубинах: до 100–90 км (слой Гутенберга) для материнской КС; до 35–50 км (поверхность М) для ее средних зон; до 15–25 км (поверхность К) для внутренних зон; до 7–10 км (граница нижней подошвы архей-нижнепротерозойских образований с гранитогнейсовым подслоем «гранитного» слоя) для мелких структур. В целом концентрические структуры имеют следующие геофизические характеристики:

приуроченность эпицентральных областей аномалий округлой или изометричной форм к середине внешних и средних зон КС;

наличие пережимов аномалий в местах пересечения их контурами КС;

субпараллельность изоаномалий ΔT_x границам КС;

контролируемость расположения и изменения тех или иных аномалий в границах структур центрального типа.

Приведенные геофизические и дистанционные материалы по территории, выбранной в качестве эталонного объекта, показывают, что если магнитные поля в совокупности хорошо коррелируются со структурными сооружениями концентрической формы, образованными в различные этапы геологического развития региона, то гравитационные данные, вместе с дистанционными сведениями, могут отражать последующие сдвиговые дислокации. В результате могут возникнуть обособленные участки, представленные образованиями древнего, доальпийского, или молодого, альпийского, заложения. Именно эти особенности дислокации или распределения толщ пород на поверхности могут служить основанием для разделения геофизических полей на древние и молодые. При этом применяемые средне- и мелкомасштабные (1:500 000 и 1:200 000) гравикарты, с пересчетом поправки Буге в верхнее полупространство на высоту ($H=10$ км), фактически отражают геолого-геофизические особенности относительно глубоких слоев фундамента (докембрий – пермь) региона. В определенных условиях эти особенности довольно существенно отличаются от таковых в пределах более молодых геолого-тектонических сооружений.

Приведенные в статье данные существенно дополняют ранее опубликованные материалы [1],

посвященные разделению геофизических полей на доальпийские и альпийские возрастные единицы. Бесспорно, новым аргументом является отдешифрирование разноразмерных геоблоков — вещественно-структурных объектов коры, по форме, пространственной ориентации и размеру нередко совпадающих с аналогичными сооружениями, выделенными на основании геофизических данных, главным образом гравиметрии. Контур последних ограничивается нулевой изогаммой. Несовпадение границ современных фото-, гео- и геофизических блоков является, по нашему мнению, основным фактором разделения геофизических полей на молодые (альпийские) и древние (доальпийские) единицы.

Предлагается предварительный вариант методики разделения геофизических полей на доальпийские и альпийские этапы формирования. Она должна включать (по рекомендации геофизиков) следующее.

1. Использование разномасштабных карт геофизических аномалий с усреднением аномальных составляющих и обработкой полученных материалов на компьютере.

2. Проведение морфометрического анализа и выявление рельефообразующих структур в масштабе 1:200 000–1:500 000 (или 1:1 000 000) с последующей генерализацией и увеличением масштаба. Анализ должен включать определение знаков и амплитуды перемещения линейных и концентрических фотогеообъектов с использованием геолого-структурных, космофотоструктурных и других данных.

3. Создание на аналитической основе (см. п. 2) карт альпийских и доальпийских полей для каждой стадии активизации и тектонической деятельности выявленных структур, их миграции во времени и пространстве.

4. Возможные корректировки картографического материала с использованием поправок: изостатических на рельеф (при выделении доальпийских полей); увеличение высоты пересчета поправки (для доальпийских полей); исключение предыдущей поправки при выявлении альпийских полей; привлечение данных магнитометрических и других методов, единиц измерения картографического выражения (дистанционных, новейшей тектоники и др.).

5. Выявление конформных и контрастирующих блоков чехла и фундамента по данным дистанционного зондирования с рассчитанными оптико-техническими параметрами (возможно использование и данных спектрометрирования), особенно результатам компьютерной обработки цифровых матриц теледетекции способами Кирша, Собеля и «Индекс-IV».

6. Картирование фотогеоблоков, концентрических структур очагового типа, линейных структур с установлением скрытых продолжений известных разломов различного ранга. На основе сопоставления геологических, дистанционных и геофизических данных выделить: структуры, характерные для кайнозойской складчатости, и современные образования; мезозойские структуры, сохранившие тектоническую активность в кайнозое; более древние палеозойские и допалеозойские структуры, подновленные тектоническими движениями в кайнозое.

7. Создание конечных авторских вариантов дистанционно-геофизико-морфометрических карт; определение сущности и количественных параметров альпийского тектоноочагового процесса, его связи с космофотоструктурами и влияния на геофизические поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухарин А.К. О соотношении домезозойских и альпийских структур Тянь-Шаня и сопредельных территорий // Геотектоника. 1978. № 6.
2. Бухарин А.К., Эргашев Ш.Э. и др. Новые данные по геологии Южного Тянь-Шаня // Тр. САИГИМС. Ташкент, 1975. С. 12–51.
3. Глубинное строение Средней Азии / Н.А.Беляевский, Б.С.Вольвовский, И.С.Вольвовский и др. // Советская геология. 1981. № 11. С. 89–105.
4. Шульц С.С. (мл.). Концентрические сводовые структуры восточной части Туранской плиты на космических снимках // Изв. вузов. Сер. геология и разведка. 1973. № 7.
5. Шульц С.С. (мл.). Концентрические сводовые структуры Приаралья и Кызылкумов на космических снимках, полученных с пилотируемой орбитальной станции «Салют» // Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. М., 1974. Т. II.

УДК 549.002.2.553.041

© А.В.Подгаецкий, Д.Д.Котельников, 2006

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СЛОИСТЫХ СИЛИКАТОВ В КИМБЕРЛИТАХ ТРУБКИ КАТОКА, АНГОЛА

А.В.Подгаецкий, Д.Д.Котельников (ИПКОН РАН)

Главные слоистые силикаты кимберлитов трубки Катока — серпентин и флогопит — преобразуются под действием метасоматических и гипергенных процессов с различной интенсивностью и характерными для каждого минерала промежуточными фазами. Наиболее быстро изменяется серпентин. По мере смены существенно восстановительной обстановки на более окислительную он переходит чаще всего в Са-Мд сапонит, а в отдельных случаях в лизардит-сапонитовое смешанослойное образование. Флогопит вначале преобразуется в парагенетическую ассоциацию вермикулита и триоктаэдрического смектита. В дальнейшем происходит последовательная гомогенизация этой ассоциации в неупорядоченное вермикулит-ди-три-смектитовое смешанослойное образование. Кристаллохимические особенности указанных первичных и вторичных минералов непосредственно определяют петрофизические свойства содержащих их кимберлитовых пород.

Геологическое строение трубки. Трубка Катока одноименного кимберлитового поля расположена в бассейне р. Шикапа в северо-восточной части Анголы. Центральная часть трубки по разрезу скв. 0534 примерно до глубины 300 м сложена породами кратерной фации, связанными с продуктами выветривания перекрывающих трубку пород. Это преимущественно песчаники (ПС), туфопесчаники (ТПС) и туфобрекчии (ТБ). Ниже вскрыты кимберлитовые по-

роды жерловой фации — кимберлитовые брекчии (КБ) и автолитовые кимберлитовые брекчии (АКБ). Более глубокие горизонты относятся к диатремовой фации, породы которой представлены порфиоровыми (ПК) и кластопорфиоровыми (КК) кимберлитами [22].

Характеристика слоистых силикатов. Минеральный состав пород в целом изучался методами рентгеновской дифрактометрии в ИПКОН РАН (А.В.Подгаецкий, дифрактометры ДРОН-3,0, УМ-1,

CuK $_{\alpha}$ излучение), там же выполнен анализ оптических изображений шлифов (микроскопы МБС-10 и JENAVAL) и измерены скорости распространения продольных волн (прибор УК-10ПМС). Петрографическое описание и петрофизические измерения кимберлитовых пород выполнены в ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». Химический состав пород определялся в Институте минералогии и петрографии СО РАН. Структурные исследования слоистых силикатов проводились рентгенометрически на ориентированных препаратах фракции <0,002 мм (ИПКОН РАН), а также методами ИК-спектроскопии (И.И.Плюснина, МГУ, прибор Specord 751R) и получения электронограмм от косых текстур (А.П.Жухлисов, ИГЕМ РАН, электронограф ЭМР-102).

На рентген-дифрактометрических кривых неориентированных препаратов плотных КК из нижней части трубки (рис. 1, *з*) наряду с очень узкими рефлексами кальцита (3,03Å) и кварца (3,35Å), среди относительно широких отражений слоистых силикатов, наибольшую интенсивность (*I*) имеют нечетные порядки базальных рефлексов кратных 10Å (10,10; 3,3Å), особенно первое отражение. Эти рефлексы не изменяются как при насыщении образцов глицерином, так и при их прокаливании в течение 1 ч при 580°C. Это, согласно методике относительной количественной оценки содержания слоистых минералов в смесях, разработанной P.Biscaye [25], соответствует преобладанию в рассматриваемой разности кимберлитов слюдистого минерала. По соотношению I_{001}/I_{002} и значению $d_{060}=1,536\text{Å}$ ($b=9,22\text{Å}$), а также высокому содержанию в породах MgO, по сравнению с суммарным количеством Fe₂O₃ и FeO (табл. 1, глубины 340, 320 м), указанная фаза относится к триоктаэдрической разновидности и соответствует флогопиту [4]. Несколько меньшую интенсивность на дифрактограммах имеют отражения кратные ~7,30Å (7,25; 3,64; 2,48Å), которые также не изменяются ни после сольватации препаратов указанным выше органическим наполнителем, ни после термической обработки образца. Такая дифракционная картина характерна, включая данные электронографических исследований (табл. 2, глубины 340, 320 м), соответствует серпентину. На наличие в этих породах только триоктаэдрических слоистых силикатов, в основном серпентина и флогопита, указывают результаты ИК-спектроскопии. Так, на соответствующих спектрах присутствуют только интенсивные полосы поглощения деформационных колебаний групп (Si-O-Mg)^{VI} с частотой 460–462 см⁻¹ и валентных колебаний OH-групп с частотой 3670 см⁻¹ (рис. 2, *б*, *в*).

На дифрактометрических кривых менее плотных КБ и АКБ из диатремовой и жерловой фаций, кроме рефлексов флогопита и серпентина, характерно также присутствие отражений с $d=12,5\text{--}14,9\text{Å}$ (рис. 3, *а*; см. рис. 1, *в*, *д*), которые после насыщения этиленгликолем и глицерином (см. рис. 3, *б*, *в*) образуют пары рефлексов со значениями либо ~14 и ~17Å, либо ~14 и ~18Å, характерные для вермикулита и комплексов смектита с соответствующим органическим наполнителем (табл. 3, глубины 280, 290, 360, 390, 400 м). Судя по значениям $b=9,22\text{--}9,23\text{Å}$ на электронограммах (см. табл. 2, глубина 280–390 м) и дифрактограммах (см. табл. 3, глубина 280–400 м), смектит относится к триоктаэдрической разновидности [20]. Дифрактометрические кривые ориентированных препаратов фракции <0,002 мм рассматриваемых пород показывают, что слоистые силикаты в них представлены серпентином с примесью фазы 14Å, которая, согласно данным сольватации и прокаливанию образцов, относится к хлориту (см. табл. 3, глубина 290–400 м). Это подчеркивается присутствием расщепленных рефлексов 7,3–7,2Å на дифрактограммах, что вызвано наложением отражения 001 серпентина на рефлекс 002 хлорита. Примесь хлорита характерна для КБ (глубина 390–400 м) и некоторых разностей АКБ (глубина 290 м), тогда как в КК (глубины 320, 340 м) он отсутствует.

Присутствие указанных выше слоистых минералов в КБ, АКБ и КК находится в полном соответствии с химическим составом проб, в которых отмечается повышенное содержание MgO и FeO (см. табл. 1, глубина 280–400 м).

С глубины 290 м (АКБ), вплоть до низов интервала 219–261 м (ТБ), где появляется примесь полевых шпатов (3,18Å), выделяется область интенсивного преобразования исходного материала, что четко проявляется в последовательном повышении вверх по разрезу содержания SiO₂ и Al₂O₃ в породах и снижении количества FeO и MgO. На дифрактометрических кривых уменьшается интенсивность рефлексов серпентина вплоть до полного исчезновения (см. рис. 1, *б*). За счет разложения серпентина, сопровождающегося выносом Mg и Fe²⁺, на глубине 261 м развиваются сапонит (отражение 15,2Å), а в отдельных случаях промежуточное лизардит-сапонитовое смешанослойное образование [13]. Кроме того, в этой зоне резко уменьшается интенсивность рефлекса со значением 10Å флогопита с одновременным ростом основного отражения вермикулитовой фазы. Следует отметить, что аналогичное развитие вермикулитоподобных фаз ранее отмечалось нами при изучении гипергенного

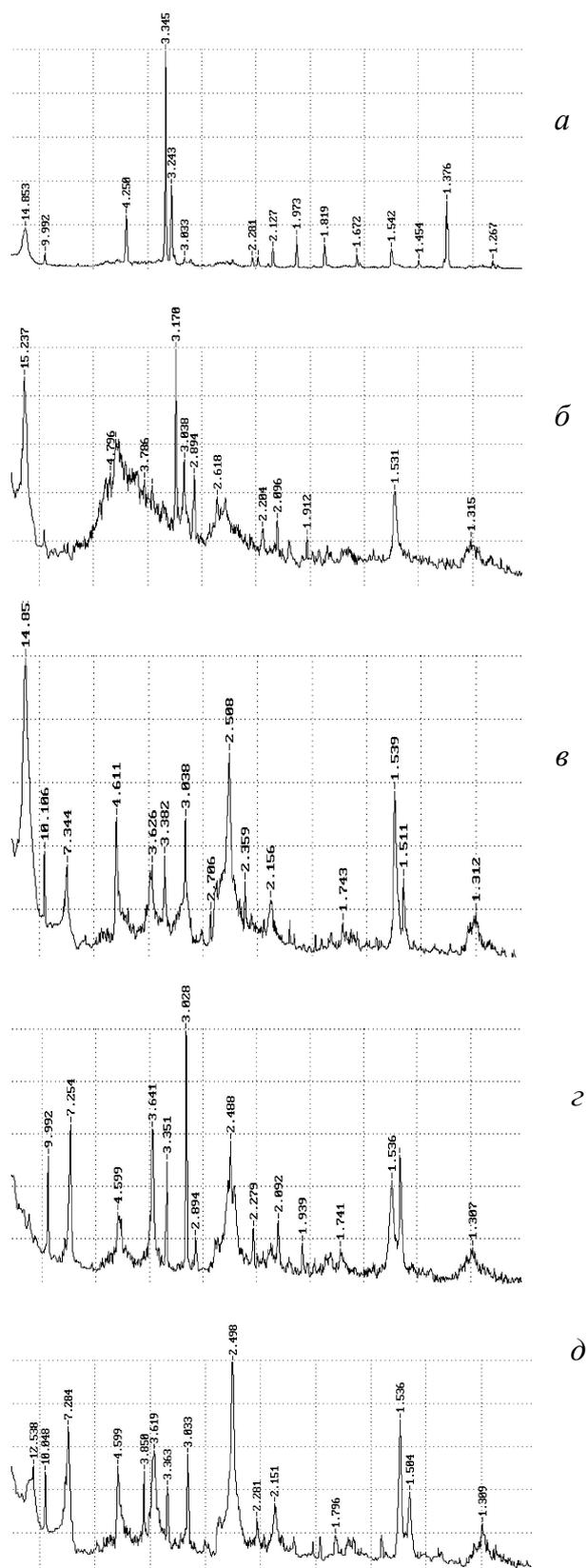


Рис. 1. Дифрактограммы воздушно-сухих пород по разрезу скв. 0534:

глубины, м: *a* — 120 (ТПС); *б* — 261 (ТБ); *в* — 290 (АКБ); *г* — 340 (КК); *д* — 400 (КБ)

1. Химический состав пород по разрезу скв. 0534 трубки Катока

Глубина, м	Тип породы	Оксиды														Σ
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	
120	ТПС	74,36	0,31	5,43	1,97	0,32	0,11	5,87	2,77	0,50	1,73	0,14	0,0	4,30	2,52	100,33
139,5	То же	78,65	0,18	5,02	0,26	0,90	0,11	4,86	2,46	0,53	1,53	0,08	0,0	3,78	1,73	100,59
159,5	«	73,22	0,38	5,01	2,21	0,36	0,11	4,01	5,30	0,59	1,59	0,14	4,18	1,54	1,66	100,30
180,6	ТБ	59,29	0,44	4,52	2,76	0,25	0,13	7,26	10,11	0,30	1,46	0,59	6,82	2,69	3,78	100,40
199	ПС	77,70	0,29	5,30	1,56	0,25	0,11	4,57	2,52	0,77	1,59	0,11	1,32	2,69	1,98	100,05
219	ТБ	57,13	1,27	4,69	5,93	0,64	0,13	13,16	3,18	0,06	1,19	0,14	1,32	5,31	5,74	99,89
238,7	То же	67,81	0,68	4,51	3,41	0,64	0,11	9,60	2,36	0,10	1,32	0,08	1,10	3,55	4,92	100,49
261	«	40,05	0,77	4,04	4,96	0,61	0,13	19,29	8,47	0,0	1,07	0,44	5,28	6,82	8,57	100,50
280	КК	38,17	1,01	2,80	7,46	0,61	0,14	22,76	6,89	0,08	0,32	0,33	4,40	6,86	7,48	100,31
290	То же	40,09	0,83	2,66	5,49	3,02	0,14	27,21	4,65	0,16	0,20	0,32	2,31	8,23	4,73	100,04
320	КБ	38,17	0,78	2,59	4,43	4,67	0,14	30,68	4,80	0,0	0,31	0,33	3,74	10,49	0,69	99,98
340	То же	35,18	1,13	2,18	3,91	6,18	0,16	29,53	5,80	0,0	0,16	0,34	4,40	10,11	0,78	99,86
360	ТПС	36,03	1,20	2,72	3,85	5,39	0,16	27,29	6,84	0,14	0,32	0,50	4,29	9,36	1,74	99,83
390	То же	37,65	1,03	2,79	4,69	4,78	0,15	27,29	5,55	0,03	0,55	0,37	3,08	9,61	2,34	99,89
400	«	35,90	1,19	2,70	3,94	5,31	0,15	26,56	7,50	0,25	0,24	0,44	5,06	8,71	1,96	99,91

2. Электронографическая характеристика фракции <0,002 мм пород по разрезу скв. 0534 трубки Катока

Глубина, м	Тип породы	Слоистые силикаты, их политипные модификации, степень совершенства структуры и значения параметра <i>b</i> минералов, Å
280–290	КБ	Лз А (унн; 9,23 ₁)>кл-хр (унн; 9,23 ₁)
320	КК	Лз А (унн; 9,23 ₄)>кл-хр (унн; 9,23 ₄)
340	То же	Лз А (унн; 9,24 ₂)>кл-хр (унн; 9,24 ₂)
360	КБ	Лз А (ун; 9,22 ₅)>1Т (ун; 9,22 ₅)>>кл-хр (ун; 9,22 ₅)
390	То же	Лз А (ун; 9,22)>>кл-хр

Пр и м е ч а н и е. Лз — лизардит, кл-хр — клинохризотил; А, 1Т — политипы лизардита; степень совершенства структуры: ун — упорядоченная с некоторыми нарушениями, унн — упорядоченная с существенными нарушениями.

преобразования кимберлитов Накынского поля Якутии (см. рис. 3, а, б), в которых рост пористости и трещиноватости пород способствовал миграции флюидов и ускорял развитие минералов с разбухающей кристаллической решеткой [19].

В составе новообразований АКБ (280–290 м) и низов зоны ТБ отмечено наличие диоктаэдрических фаз со значениями $d_{060} = 1,483–1,492 \text{ Å}$ (см. табл. 3, глубина 261–290 м), а в воздушно-сухих образцах наряду с 14 Å пиком хлорита появляется интенсивное 15 Å отражение, свидетельствующее о высоком содержании смектита.

В зоне залегания ТПС и ПС с прослоями ТБ (см. табл. 1, глубина 120–199 м) в породах увеличи-

вается содержание наиболее устойчивых в данных условиях разновидностей разбухающих минералов, которые включают как сапонит, так и продукты его дальнейшего преобразования (см. рис. 1, а). Сапонит по особенностям дифракционной картины и значению элементарной ячейки ($b=9,18 \text{ Å}$) относится к разности минерала с Са-Мг составом межслоевых промежутков. Гипергенное преобразование серпентина вверх по разрезу трубки усиливает деструкцию его кристаллической структуры и ослабляет силу межслоевых связей [18]. В результате увеличивается диффузность, а также снижается интенсивность как базальных, так и небазальных рефлексов (см. рис. 1, б). Появление дифракционного

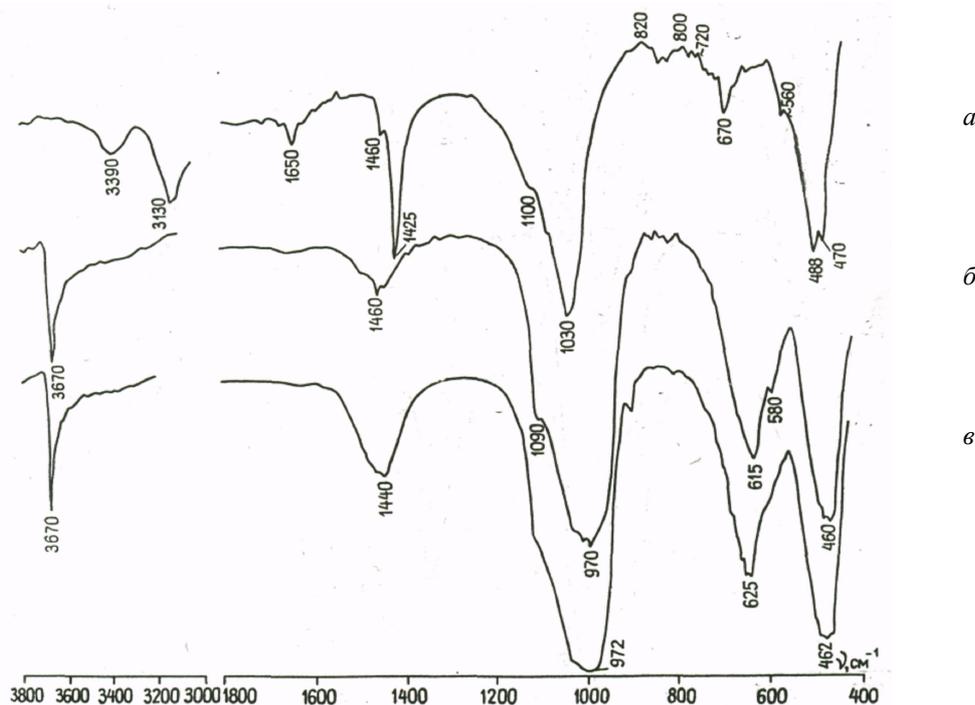


Рис. 2. ИК-спектры фракции $<0,002$ мм кимберлитовых пород по разрезу скв. 0534:

глубины, м: а — 120 (ТПС); б — 320 (КК); в — 340 (КК)

максимума в области, соответствующей $17\text{--}18\text{ \AA}$, при насыщении глицерином (рис. 4, б) указывает на образование при этом смектитовой фазы. В породах верхних горизонтов разреза (199–120 м), сложенных преимущественно ТПС, из слоистых силикатов присутствует в основном три-смектитовая фаза (см. табл. 3, глубины 120, 159 м). Ввиду полной диссоциации серпентина, сопровождающейся интенсивным выносом Fe^{2+} и Mg, накоплением Si и Al в породах (см. табл. 1, глубина 120–199 м), три-смектит является в этой части разреза в основном продуктом преобразования флогопита. О гетерогенном составе этой разбухающей фазы свидетельствует прецизионная съемка образцов пород, насыщенных глицерином (см. рис. 4, б), при более медленном вращении счетчика ($0,5^\circ/\text{мин}$), из которой видно, что в интервале углов 2Θ , соответствующих межплоскостным расстояниям $25\text{--}15\text{ \AA}$, присутствует ряд новообразованных силикатных фаз. При этом рефлексы со значениями $\sim 15\text{ \AA}$ относятся к вермикулиту, $16\text{--}18\text{ \AA}$ — к смектитам, а промежуточные между ними — к смешанослойным минералам.

Исчезновение серпентина в этой части разреза подтверждается смещением значений полос поглощения деформационных колебаний групп (Si-O-

Me)^{VI} к частотам $470\text{--}483\text{ cm}^{-1}$ и, особенно, исчезновением полос с частотой 3670 cm^{-1} (см. рис. 2, а).

Дифрактометрический анализ как неориентированных препаратов исходных пород, так и ориентированных препаратов фракции $<0,002$ мм показал, что в последней локализуются в основном серпентин и разбухающие минералы, в то время как флогопит и развивающийся по нему вермикулит отсутствуют. Это свидетельствует о сравнительно крупных размерах слоистых и вермикулитовых частиц и высокой дисперсности серпентина, хлорита и, особенно, смектитов.

Обсуждение результатов. Приведенная выше последовательность метасоматически-гипергенного изменения кимберлитов по разрезу трубки Катокка показывает, что исходные слоистые силикаты в них представлены в основном серпентином и флогопитом. Вследствие различия кристаллической структуры и химического состава этих минералов их изменение протекает с различной скоростью и образованием в каждом случае специфических минеральных ассоциаций.

Кристаллическая структура серпентина, развивающегося по первичному оливину, на этапе постмагматической эволюции кимберлитов, состоит [4] из Si-O-тетраэдров и Mg-OH-бруситоподобных ок-

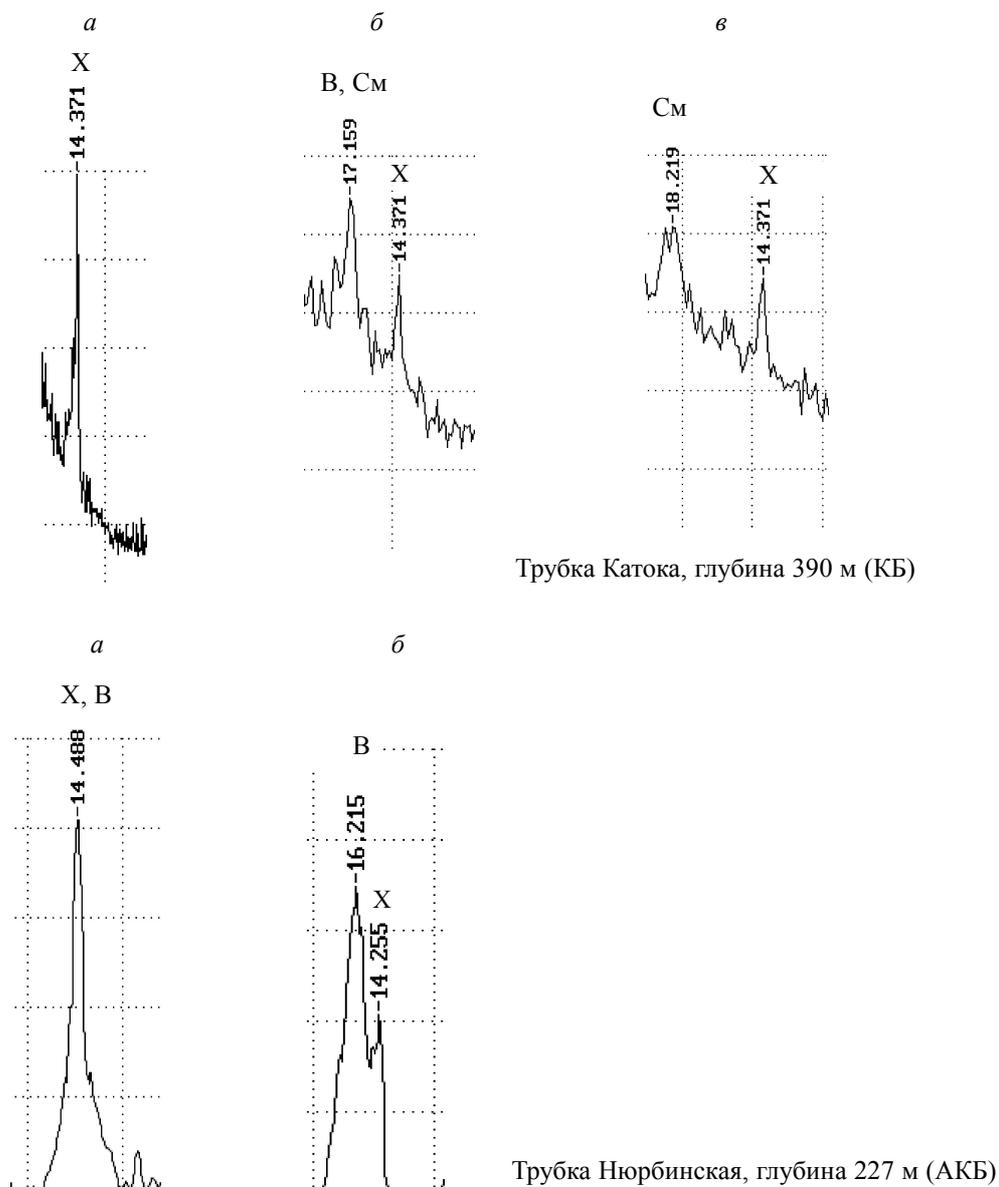


Рис. 3. Фрагменты дифрактограмм фракции $<0,002$ мм слоистых минералов из кимберлитов Анголы и Якутии:

a — воздушно-сухой образец, *б* — насыщенный этиленгликолем, *в* — насыщенный глицерином; X — хлорит; В — вермикулит; См — смектиты

таэдров, что соответствует слоистым силикатам семейства 1:1 с формулой $Mg_6[(OH)_8Si_4O_{10}]$. Незначительное количество Si может замещаться в тетраэдрах структуры серпентина Al, а Mg в октаэдрах — Al, Fe^{2+} , Fe^{3+} и Ni. Широкий гомо- и гетеровалентный изоморфизм минералов группы серпентина обуславливает большое разнообразие не только его минеральных разновидностей (лизардит, хризотил, клинохризотил, антигорит), но и свойственных ему

политипных модификаций. В связи с этим Б.Б.Звягиным [11] выделены четыре группы (A, B, C и D) среди 12 теоретически возможных политипных модификаций серпентиновых минералов. В разрезе изученной скважины серпентин во фракции $<0,002$ мм представлен в основном лизардитом, иногда с примесью клинохризотила (см. табл. 2). Лизардит состоит из смеси полубеспорядочных политипов A и подчиненного количества 1T. В других разрезах

3. Значения основных рефлексов (d , Å) слоистых силикатов из кимберлитов трубки Кагока (ориентированные препараты фракции <0,002 мм)

Глубина, м	Литологи-ческие типы пород	Воздушно-сухие	Минеральная фаза	Насыщенные этиленгликолем	Минеральная фаза	Насыщенные глицерином	Минеральная фаза	Прокаленные (1 ч при 580°C)
120	ТПС	15,37 d_{060} 1,531	Са	17,32	Са	18,22	Са	9,936
159	То же	15,37 d_{060} 1,522	Са	17,11	Са	18,410	Са	9,972
261	ТБ	7,225 d_{060} 1,529 d_{060} 1,483	Сп	7,196	Сп	7,254	Са/См (?)	9,992 7,167
280	АКБ	15,12 7,284 d_{060} 1,538 d_{060} 1,486	Са/В	17,00 14,730	Са В	25,61 18,03–18,60 14,240	Сс Са/См В	10,048 7,254
290	То же	27,18 14,371/14,979	Сс Х/В	20,31–22,95 16,994 14,371	Сс В/См Х	21,55–23,88 18,034–18,603 14,371 / 14,897	Сс См Х/В	14,141 13,492 10,141 7,314
390	КБ	7,344; 3,641; d_{060} 1,536 d_{060} 1,492	Сп	7,344	Сп	7,344	Сп	14,507 10,002 7,254 / 7,344
400	КБ	14,371 10,16 7,34; 4,61; 3,624 d_{060} 1,538	Х Сп Сп	26,37–27,50 17,16–18,22 14,371	Сс В/См Х	28,30–24,21 18,034–18,603 14,371 / 14,853	Сс См Х/В	14,141 9,936 7,167 / 7,365
				Нет данных		23,56 18,800–19,420 14,371	Сс См Х	

Примечание: / — расщепление рефлексов. Сп — серпентин, Х — хлорит, Сл — слюда, См — смектиты, Сс — смешанослойные минералы, В — вермикулит, Са — сапонит.

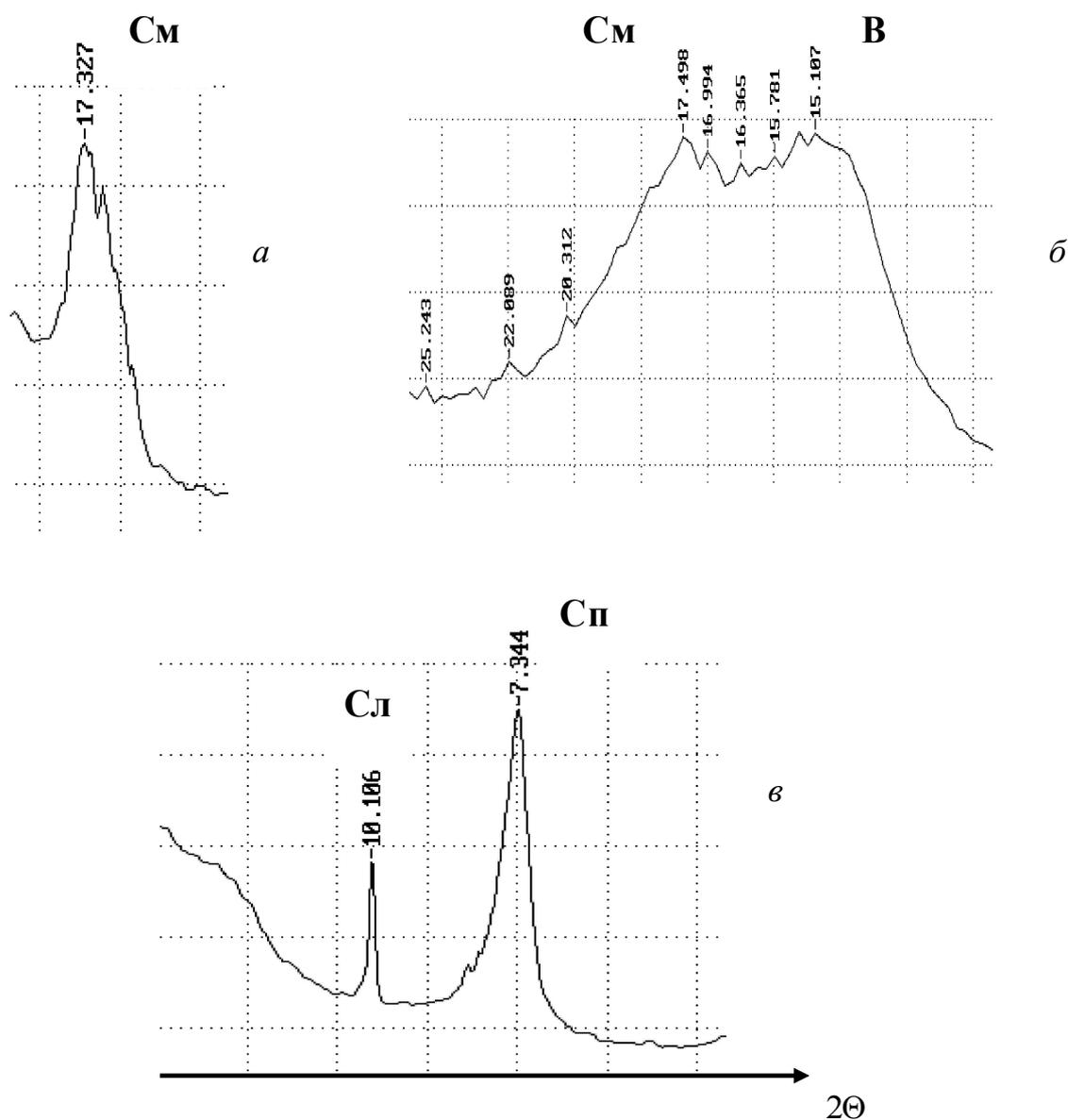


Рис. 4. Фрагменты дифрактограмм насыщенных глицирином кимберлитовых пород трубки Катока:

a — вторичные образования по бесшлюдыстым породам (скв. 0333, глубина 90,1 м, КБ); *б* — вторичные образования по шлюдыстым породам (скв. 0534, глубина 120 м, ТПС); *в* — слабоизмененная порода (скв. 0534, глубина 390 м, КБ); Сл — шлюда; См — смектиты; Сп — серпентин; В — вермикулит

трубки иногда встречаются полубеспорядочные полимеры *D* и установлено неизвестное ранее сосуществование простых *1T*, *3R* двухслойных и сложных шестислойных полимонов [9].

Серпентин устойчив в существенно восстановительных условиях. По мере развития процесса обмена катионами между исходным минералом и контактирующей с ним флюидной средой, серпентин преобразуется в 15\AA разбухающий минерал — сапонит, содержащий Са (с примесью Mg) в меж-

слоевых промежутках. Как известно [5, 17], октаэдрические позиции в структуре вторичных фаз непосредственно связаны с природой исходных минералов, а катионный состав межслоевых промежутков определяется химизмом среды. При сохранении резко восстановительной обстановки минералообразования в продуктах слабого физического изменения кимберлитов устойчивую форму сохраняет ферросапонит [24]. В условиях тонкой трещиноватости кимберлитовых пород, затрудняющих

флюидообмен и обеспечивающих слабоокислительную обстановку, может возникать впервые идентифицированное в кимберлитах этой трубки квазистабильное упорядоченное лизардит-сапонитовое смешанослойное образование [13]. В связи с этим общую схему преобразования серпентина можно представить следующим образом: лизардит $Mg_6[(OH)_8Si_4O_{10}] \rightarrow$ ферросапонит $Ca_{0,3}(Fe^{2+}, Mg, Fe^{3+})_3(Al, Si)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O \rightarrow$ лизардит-сапонитовое смешанослойное образование* $(Mg_3, Si_2)[Ca_{0,25}(Mg_{2,6}Fe_{0,4})(Si_{3,5}Al_{0,5})]O_{15}(OH)_6 \cdot nH_2O \rightarrow$ сапонит $Ca_{0,2}Mg_{2,4}FeAl_{0,3}(OH)_2AlSi_3O_{10}(H_2O)_4$.

По мере дальнейшего снижения восстановительной обстановки сапонит через промежуточные Fe-Mg и Mg-Fe формы трансформируется в оксиферрисапонит [6]. За счет окисления Fe^{2+} это сопровождается последовательной диоктаэдризацией минерала с уменьшением параметра b элементарной ячейки и образованием в дальнейшем нонтропноподобной фазы [2].

Флогопит является первичным силикатом, кристаллизация которого происходит на поздних этапах консолидации кимберлитовой магмы. Его формула — $K_2(Mg, Fe^{2+})_6[Si_6Al_2O_{20}](OH, F)_4$, а кристаллическая структура состоит из двух тетраэдрических секторов (в которых $1/4$ Si замещается Al) и расположенной между ними октаэдрической сетки, т.е. минерал относится к семейству 2:1 [6]. Кроме Fe^{2+} , а также Mn и иногда Ti, частично замещающих Mg (с характерным для флогопита соотношением Mg:Fe >2:1), в виде значительной примеси в межслоях минерала может присутствовать Na. Благодаря высокому содержанию в составе флогопита, как и серпентина, весьма подвижных двухвалентных катионов (Mg и особенно Fe), он также сохраняет устойчивость только в резко восстановительной обстановке, т.е. в слабоизмененных породах (см. рис. 4, в).

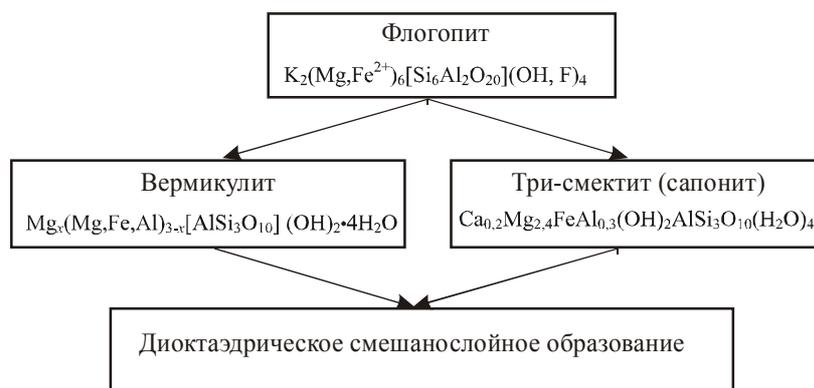
При развитии в системе минералообразования окислительных процессов происходит трансформация флогопита в вермикулит [4, 14] сопровождающаяся формированием в его межслоях бруситоподобной прослойки, окислением Fe^{2+} и обогащением минерала более инертным элементом — Al. Вследствие перестройки структуры общий период c вторичного минерала возрастает до $14,4\text{Å}$ [7, 8]. Преобразование флогопита сопровождается также одновременным возникновением три-сметита, который образует парагенетическую ассоциацию с вермикулитом и, в зависимости от состава катионов в межслоевых промежутках, т.е. Na или

(Mg+Ca), характеризуется значениями ~ 12 или $14\text{--}15\text{Å}$ (см. рис. 1, а, в соответственно). В последнем случае эти значения определяются, как и в структуре сапонита, соотношением количества Mg и Ca в межслоях. При этом вследствие наибольшего вклада разбухающих слоев в дифракционную картину слоистых силикатов [5, 17] на дифрактограммах воздушно-сухих образцов ранней стадии преобразования флогопита более интенсивный и, самое главное, широкий рефлекс разбухающей фазы маскирует менее сильный рефлекс $14,4\text{Å}$ сегрегированных в микроблоки слоев собственно вермикулита. Разрешение этих фаз происходит только после насыщения породы глицерином. В этом случае рефлексы крупных микроблоков вермикулита практически сохраняют значение, характерное для воздушно-сухого вермикулита, т.е. $\sim 14,4\text{Å}$. Соответственно, комплекс разбухающих слоев+глицерин образует отражения, близкие к сольватированным смектитам, т.е. $\sim 17,8\text{Å}$ (см. рис. 4, а, б) [5].

Однако в соответствии с ранее установленной нами закономерностью [16] изменение бесслюдистых и слюдистых пород в зоне гипергенеза протекает различными путями. Указанная закономерность, являющаяся, согласно нашим наблюдениям, актуальной и для зоны метасоматоза, заключается в том, что бесслюдистые породы в виде промежуточных продуктов генерируют смектиты (см. рис. 4, а), а в слюдистых за счет изменения слюд возникают различные смешанослойные образования (см. рис. 4, б). Поэтому на более поздней стадии преобразования вермикулита, когда в сегрегированных микроблоках этого минерала остается относительно небольшое количество разбухающих слоев (до менее 10%), первично возникшая ассоциация вермикулита и три-сметита гомогенизируется с возникновением неупорядоченного вермикулит-ди-три-сметитового смешанослойного образования с последующей интенсивной его диоктаэдризацией. Отсюда следует, что преобразование флогопита в разрезе рассматриваемой трубки характеризуется такой последовательностью (см. с. 55).

Учитывая присутствие в исходном флогопите значительной примеси Al, а в производном его минерале — вермикулите — еще более высокое содержание трехвалентных элементов, особенно Fe^{3+} , вермикулит-ди-три-сметитовое смешанослойное образование на конечных стадиях преобразования трансформируется в фазу, близкую к монтмориллониту.

* Анализ выполнен на электронном микроскопе JSM-5300 с рентгеноспектральной приставкой Link-JSJS.



Интенсивность и отдельные стадии метасоматически-гипергенного преобразования слоистых силикатов тесно связаны с условиями массопереноса, кристаллической структурой и петрофизическими характеристиками содержащих их кимберлитовых пород. Так, прямая зависимость увеличения суммарного количества три-сметита от пористости подчеркивается данными анализа оптического изображения шлифов пород по разрезу скв. 0536 рассматриваемой трубки (рис. 5, а). Рост содержания сапонита происходит также одновременно с изменением структуры кимберлитов по мере увеличения размеров минеральных агрегатов (см. рис. 5, б).

Кроме того, переход от кимберлитов серпентинового типа к преимущественно сапонитовым разностям (глубина 290–261 м) сопровождается существенным изменением их петрофизических свойств, в частности падением плотности (в среднем с 2,35 до 2,18 г/см³), ростом пористости и влагоемкости (от 13,8 и 6,0 до 18,5 и 9,4% соответственно), резким, почти на порядок, уменьшением значений магнитной восприимчивости (с 480 до 60·10⁻⁵ ед. СИ) и снижением скорости распространения продольных волн (с 1200 до 580 м/сек).

В связи с изложенным следует обратить внимание на последовательность формирования различ-

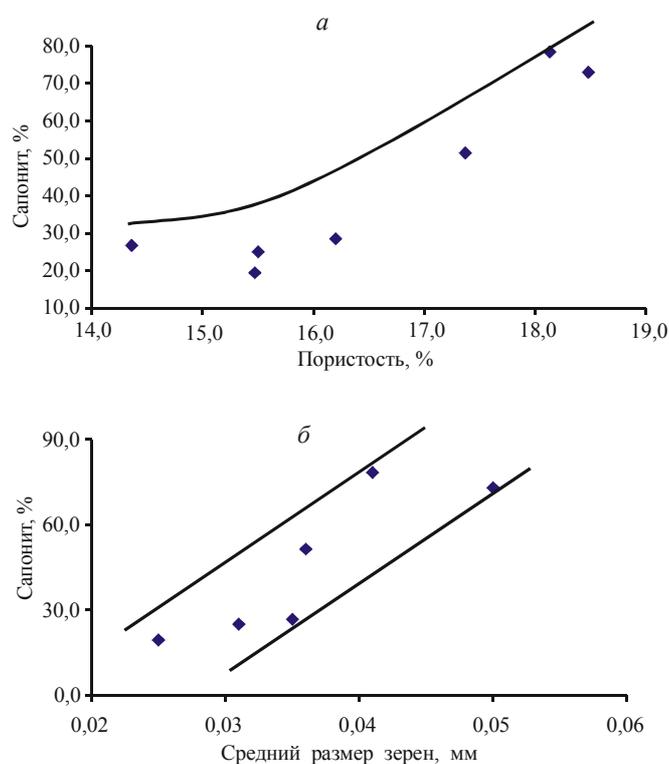


Рис. 5. Зависимость содержания сапонита от пористости (а) и среднего размера минеральных зерен (б) пород по разрезу скв. 0536 трубки Катокса

ных типов кимберлитовых пород. Порфиновые кимберлиты являются продуктом ранних этапов внедрения первичной магмы, в то время как становление кимберлитовых брекчий завершало формирование трубки, и их внедрение сопровождалось разрушением уже консолидированных ПК [10, 22]. Нарушение сплошности пород при формировании брекчий, сопровождающееся широким развитием макро- и микротрещиноватости, облегчало на постмагматическом этапе эволюции кимберлитов массоперенос и проникновение минерализованных флюидов в глубь массива, ускоряя вторичное минералообразование [3], в том числе и преобразование силикатов.

Этим объясняется отмеченное выше отсутствие хлорита в составе имеющих более плотную структуру ПК и развитие последних в КБ и изредка в АКБ. Отсюда следует, что градиент термобарических параметров среды и условия массопереноса в массиве определяют скорость диссоциации силикатов в кимберлитах в зависимости от глубины их залегания. Вследствие этого в КБ, приуроченных к верхним горизонтам кимберлитовых трубок, процессы гипергенного преобразования протекают более интенсивно и сопровождаются значительным выносом из них подвижных элементов. При этом каждый этап преобразования кристаллической структуры слоистых силикатов на микроуровне является отражением макроскопических процессов трансформации текстуры и структуры вмещающих кимберлитовых пород и их физических свойств. В целом при метасоматически-гипергенных процессах кимберлиты, относящиеся к меланократовому типу пород, последовательно обогащаются лейкократовыми компонентами [23]. Ранее на основании анализа алмазности различных типов кимберлитовых пород было отмечено [1, 10, 21], что кимберлитовые брекчий некоторых диатрем характеризуются более высоким содержанием алмазов. Обогащение брекчий алмазами, по нашему мнению, является следствием выноса неустойчивых химических элементов за границы рудных тел при метасоматическом и гипергенном изменении первичных кимберлитов, приводящих к существенному увеличению доли устойчивых компонентов в кимберлитах, включая алмазы.

Таким образом, полученные нами данные показывают, что преобразование кимберлитов трубки Катока в условиях зоны гипергенеза, характеризующихся переходом от восстановительных условий к более окислительным, сопровождается рядом специфических особенностей, отличающих их от аналогичных процессов в осадочных породах. К таким особенностям относится распределение слоис-

тых силикатов в различных петрохимических типах и гранулометрических фракциях кимберлитовых пород, а также описанные выше закономерности и последовательность (стадиальность) преобразования слоистых минералов.

В осадках и осадочных породах слоистые силикаты локализуются в основном во фракции $<0,002$ мм. Это связано с условиями их накопления, происходящего в результате механической сепарации при переносе денудированных преимущественно на суше измененных изверженных, а также ранее сформированных осадочных пород и их метаморфических разностей. В отличие от этого в элювии изверженных пород размер частиц зависит от механизма образования в них слоистых силикатов. Так, кристаллизующиеся из магмы первичные слоистые силикаты, главным образом слюды, как и развивающийся по ним вермикулит, отличаются крупным размером минеральных частиц. В результате они не попадают во фракцию $<0,002$ мм, основную при анализе слоистых силикатов, а остаются при сепарации в более крупных фракциях кимберлитов. Во фракции $<0,002$ мм локализуются лишь последовательно развивающиеся по вермикулиту три-смектиты и продукты их гомогенизации в виде неупорядоченного вермикулит-ди-три-смектитового смешанослойного образования. Последовательное увеличение в составе указанных фаз содержания трехвалентных катионов (Fe, Al) обуславливает также более длительную сохранность этих минералов в метасоматически-гипергенном профиле слагающих трубку пород, чем в их бесслюдистых разностях [15].

Образование слоистых силикатов в ряду серпентин-сапонит-нонтронитоподобная фаза начинается в постмагматический период [5] с замещения серпентином первичного минерала — оливина. Благодаря этому серпентин, а тем более производные от него разновидности сапонитовых минералов обладают исключительно высокой дисперсностью, что является одной из характерных особенностей минералов смектитовой группы. Отсюда следует, что при изучении метасоматически-гипергенных процессов изменения слоистых силикатов в кимберлитах необходимо исследовать не только фракцию $<0,002$ мм, но и породу без ее фракционирования. Это должно обеспечивать объективность и полноту изучения генетических связей между первичными и вторичными минералами кимберлитов. Кроме того, использование полученных результатов открывает возможность повышения эффективности минералогических методов поисков алмазных месторождений на основе определения стадий преобразования кимберлитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алябьев С.Г., Кирилин Д.П., Польшкин С.А.* Основные этапы освоения Накынского рудного поля акционерной компанией «АЛРОСА» // ГИАБ, региональное приложение «Якутия». 2005. Вып. 1. С. 25–34.
2. *Витовская И.В.* Типоморфные минеральные парагенезисы коры выветривания серпентинов // Проблемы теории образования коры выветривания и экзогенные месторождения. М., 1980. С. 32–46.
3. *Генезис* и особенности преобразования магнетита из кимберлитов Якутии / А.В.Подгаецкий, Д.Д.Котельников, Ю.Б.Войтковский и др. // ДАН СССР. 1985. Т. 282. № 5. С. 1238–1242.
4. *Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж.* Породообразующие минералы (справочник). Т. 3 (листовые силикаты). – М.: Мир, 1966.
5. *Дриц В.А., Коссовская А.Г.* Глинистые минералы: смектиты, смешанослойные образования. – М.: Наука, 1990.
6. *Дриц В.А., Коссовская А.Г.* Слоистые силикаты в земной коре. Сообщение 1. Классификация. Группы каолинит-серпентина и тальк-пирофиллита // Литология и полезные ископаемые. 1984. № 4. С. 3–23.
7. *Дьяконов Ю.С.* Рентгенографическое определение смешанослойных минералов (гидробититов), промежуточных между биотитом и вермикулитом // Рентгенография минерального сырья. 1964. Сб. 4. С. 135–143.
8. *Дьяконов Ю.С., Львова И.А.* О превращении триоктаэдрических слюд в вермикулит // ДАН СССР. 1967. Т. 175. № 2. С. 432–434.
9. *Жухлистов А.П., Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н.* Ассоциация простых (1T, 3R) и сложных шестислойных поли типов лизардита в кимберлитовой трубке Катока (Ангола) // Докл. РАН. 2004. Т. 396. № 3. С. 383–388.
10. *Занкович Н.С.* Вещественно-индикационные критерии типизации кимберлитовых пород и последовательность их формирования (на примере сложно построенных трубок Якутии): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – Иркутск, 2004.
11. *Звягин Б.Б.* Кристаллохимические особенности серпентиновых минералов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 11. С. 108–117.
12. *Зинчук Н.Н., Бондаренко А.Т., Гарат М.Н.* Петрофизика кимберлитов и вмещающих пород. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002.
13. *Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д., Горшков А.И.* Идентификация и генезис упорядоченного лизардит-сапонитового смешанослойного образования в кимберлитах одной из трубок Южной Африки // Литология и полезные ископаемые. 2003. № 1. С. 87–96.
14. *Зинчук Н.Н., Харьков А.Д., Котельников Д.Д., Соболева С.В.* Флогопит и продукты его изменения в кимберлитовых породах Якутии // Минералы и парагенезисы минералов, горных пород и руд. Л., 1979. С. 69–76.
15. *Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н., Стегницкий Ю.Б., Жухлистов А.П.* Стадийность и направленность преобразования серпентина и флогопита в кимберлитах трубки Катока (Ангола) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2005. № 2. С. 16–23.
16. *Котельников Д.Д., Домбровская Ж.В., Зинчук Н.Н.* Основные закономерности выветривания силикатных пород различного химического и минералогического типа // Литология и полезные ископаемые. 1995. № 6. С. 594–601.
17. *Котельников Д.Д., Конюхов А.И.* Глинистые минералы осадочных пород. – М.: Недра, 1986.
18. *Кринари Г.А., Сабирова Н.Ю., Халитов З.Я.* Причины появления аномальных дифракционных максимумов типа $h00$ от системы цилиндрических кристаллов и их генетическая интерпретация для хризотилловых асбестов // Реальная структура и свойства минералов. Казань. 1989. С. 44–50.
19. *Подгаецкий А.В.* Глинистые минералы в кимберлитах трубок Нюрбинская и Ботуобинская // Тез. докл. Международной научной конференции «Глины и глинистые минералы», 28 июня – 3 июля 2004 г. Воронеж, 2004. С. 110.
20. *Рентгенография* основных типов породообразующих минералов / Под ред. В.А.Франк-Каменецкого. – Л.: Недра, 1983.
21. *Ротман А.Я., Зинчук Н.Н., Ащепков И.В., Егоров К.Н.* Кимберлиты и перспективы их исследований // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж, 2005. С. 864.
22. *Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.* Коренные месторождения алмазов мира. – М.: Недра, 1998.
23. *Хитров В.Г., Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н.* Непараметрический кластер-анализ горных пород. Статья 2. Коры выветривания. Метаморфические и осадочные породы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2004. Т. 79. № 1. С. 65–76.
24. *Чуканов Н.В., Песков И.В., Задов А.Е., Чуканова В.А.* Ферросапонит $\text{Ca}_{0,3}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})_3(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — новый триоктаэдрический смектит (Эвенкия) // ЗВМО. 2003. Т. 132. № 2. С. 68–74.
25. *Biscaye P.E.* Mineralogy sedimentation of recent deep seas and oceans // Geol. Soc. Am. Bul. 1965. Vol. 71. P. 803–831.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ



УДК 669.054.8

© И.А.Августинчик, 2006

ОСВОЕНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ МЕТАЛЛОВ: МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, РОЛЬ И МЕСТО РОССИИ

И.А.Августинчик, (ЦНИГРИ Роснедра МПР России)

Отсутствие новых месторождений, снижение качества перерабатываемых руд и повышающийся спрос на металлы приводят к росту их производства из вторичного сырья. Простота технологии сбора и переработки, низкокзатратный характер передела скрапа черных, цветных и благородных металлов способствуют экономии первичного сырья, энергии, рабочей силы, снижению производственных издержек, уменьшению экологической нагрузки на окружающую среду при переработке значительных объемов производственных и бытовых отходов, а также отходов горного производства. В России эти процессы не упорядочены, недостаточно обеспечены правовой базой, ведут к масштабному вывозу скрапа и металлов из страны и требуют пристального внимания.

В конце XX – начале XXI вв. мировая цивилизация вступила в позднеиндустриальную фазу развития с характерными для нее методами оптимального управления сложными техническими и другими системами (кибернетика), в том числе развивающимися (биологическими, социальными и др.), высокими технологиями в производстве, процессами миниатюризации с одновременным усложнением конструктивных разработок и тенденциями комплексного подхода к решению задач различного профиля, информационным взрывом и т.д. Областью успешного прикладного использования таких технологий является ВПК [14]. Но самой характерной чертой современного развития человеческого общества был и остается ускоренный рост потребления всех видов возобновляемых и невозобновляемых ресурсов и конечной продукции из них [30], в том числе металлов: черных, цветных, легирующих, редких, благородных и др. Эти закономерности тесно связаны с ростом численности населения мира — фундаментальным фактором, лежащим в основе большинства социально-экономических процессов [5, 6], в том числе и в сырьевой области [44], и требующим расширенного воспроизводства сырьевой базы и ускоренного производства металлов (рис. 1). Динамика роста численности населения мира, ее модель со снижением темпа роста и прогноз на дли-

тельный период (1750–2050 гг.), вековые мировые тренды производства металлов (см. рис. 1) отражают эти процессы и характеризуют мировую цивилизацию как сложную развивающуюся социально-экономическую систему со всеми вытекающими следствиями и важнейшим из них — снижением темпа роста по достижении высшей фазы развития. Одним из следствий снижения темпа роста является использование средств, поддерживающих состояние системы с наименьшими затратами энергии и материалов.

Интенсификация потребления металлов в ходе развития цивилизации в XX–XXI вв. приводит к необходимости решения все более сложных задач обеспечения спроса путем освоения новых сырьевых объектов и системы других мер. Как полагают, этот процесс будет сопровождаться все более интенсивным вторжением в глубины земных недр, морей и океанов и освоением их минеральных ресурсов [16]. Однако ретроспективный анализ выявляет и позволяет количественно оценить масштаб диспропорций между использованием и воспроизводством МСБ целого ряда полезных ископаемых [10]. Открытия новых месторождений становятся все более редкими из-за исчерпания фонда легкооткрываемых минеральных ресурсов (рис. 2), их прогнозирование и поиски, как и освоение, — все

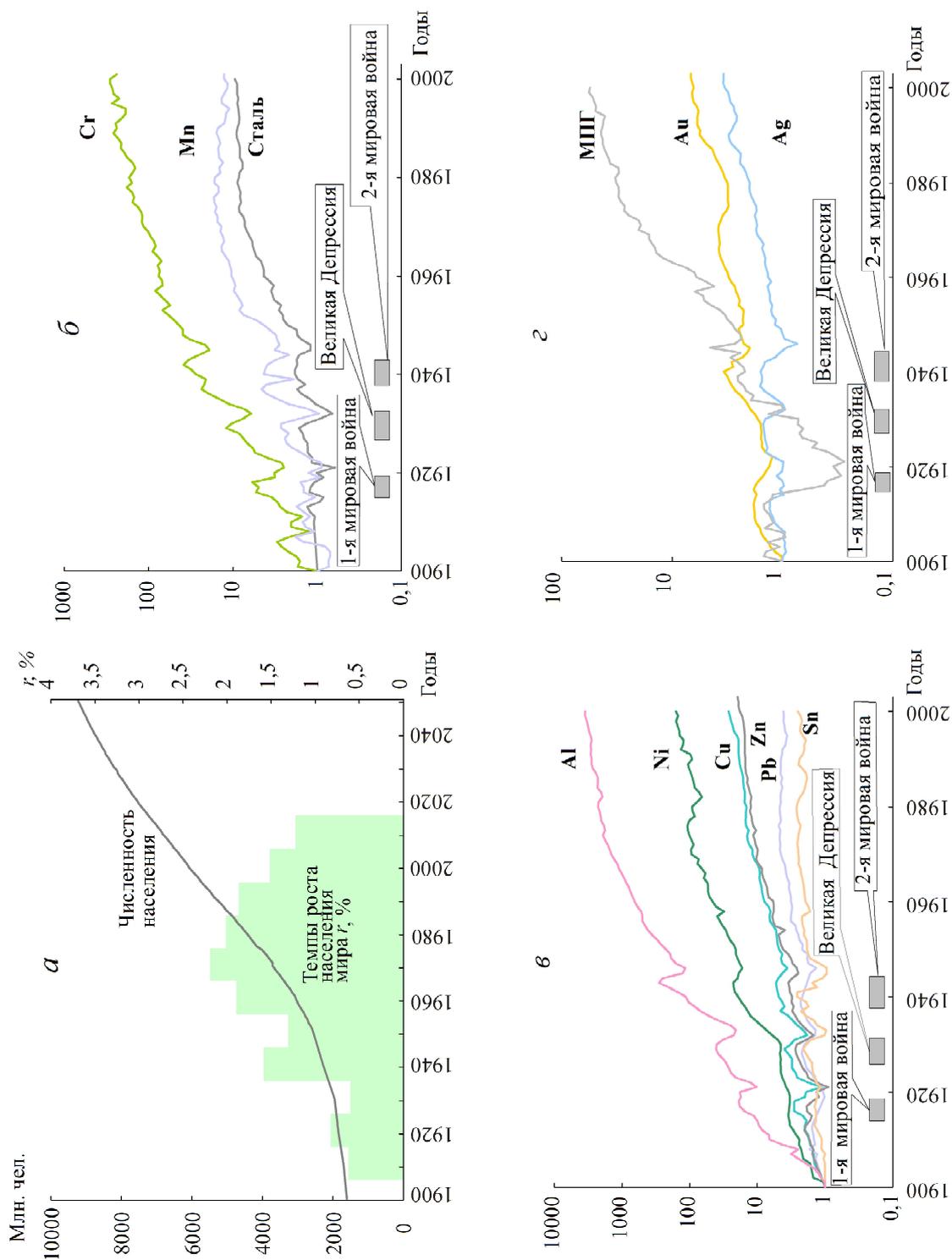


Рис. 1. Сопоставление темпов роста численности населения мира (а) и динамики мирового производства черных (б), цветных (в) и благородных (г) металлов в XX – начале XXI вв. (1900 г.=1), по [5, 6, 25, 26, 28, 35 и др.]

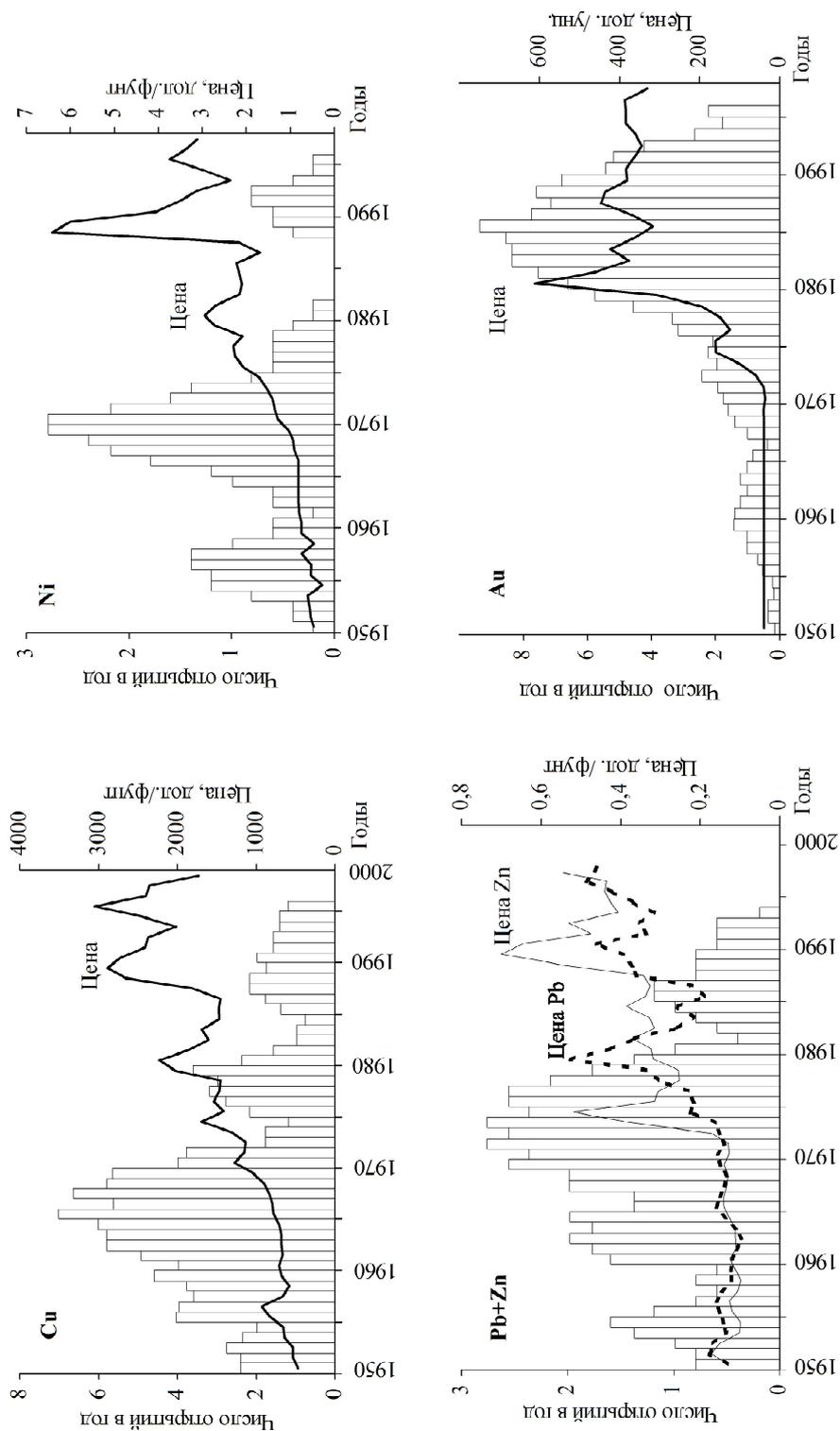


Рис. 2. Сопоставление числа открытий крупных медных (>1,5-5 млн. т Cu), никелевых (>0,1 млн. т Ni), свинцово-цинковых (>1,5-5 млн. т Pb+Zn) и золоторудных (>100 т Au) месторождений (сглажено методом скользящего окна) и номинальных мировых цен на эти металлы в 1950-1997 гг., по [22] с дополнениями

более рискованными, трудоемкими и капиталозатратными [37] в связи с усложнением и удорожанием методов и инструментария, ужесточением требований к сырью, повышением рисков освоения, удорожанием регламентных работ и т.д. Удорожанием усложняются технологические приемы извлечения полезных компонентов руд из-за снижения уровня концентраций металлов в рудах всех типов открываемых и осваиваемых месторождений [22], роста цен на энергетическое сырье, проблем трудовых ресурсов и др., т.е. усложнения экономической доступности сырья в целом [17]. Существуют даже представления о «революции», связанной с почти десятикратным повышением мировых цен на золото в конце 90-х годов и переходом к освоению месторождений с низкими концентрациями металла в рудах [8].

Необходимость ликвидации отставания прироста запасов от роста мирового потребления металлов привела к развитию разнообразных технологий ресурсосбережения и методов пополнения невосполняемых ресурсов. Одним из важных направлений в этой области является все более широкое использование вторичного сырья (скрапа) — наиболее дешевого и технологичного источника металлов, извлекаемых при повторной переработке (рециклинге) превращенных в утиль изделий. Основные показатели процессов утилизации скрапа металлов и приемы их расчета приведены в таблице. По данным Международного совета по металлам и окружающей среде список металлов с высоким уровнем мирового производства из вторичного сырья достаточно широк (таблица) и будет расширяться, как и объемы их производства [19, 27].

Сопоставления показывают, что производство металлов из вторичного сырья активизируется при отсутствии открытий новых месторождений, периодически возникающем дефиците на мировом рынке и росте в них потребностей промышленной сферы. Для большинства металлов активизация совпадает с началом снижения темпов роста населения мира (80-е годы) (см. рис. 1) и имеет, по-видимому, системный характер [6], хотя и происходит в разное время. Начало производства железа и стали из вторичного сырья восходит еще ко времени активной индустриализации, а широкое вовлечение в промышленное производство МПГ из вторичного сырья только начинается. Пик его, как полагают [36], впереди и связан с интенсивным развитием автомобилестроения в Азии, широким использованием автомобильных катализаторов и начавшимися процессами коммерциализации топливных элементов (fuel cells) в автомобилестроении и в сфере производства мощных автономных источников элект-

роэнергии (оборонная промышленность). Все перечисленное потребует задействовать как первичные, так и вторичные источники сырья МПГ [35].

В процессы переработки вторичного сырья металлов вовлечен широкий круг мировых компаний, преимущественно в странах с развитой рыночной экономикой. Экономическую основу этих процессов характеризует ряд показателей: разнообразие «петель рециклирования» по набору источников поступления вторичного сырья, доля металла из скрапа в кажущемся потреблении, эффективность рециклинга, стоимостные показатели рециклированного металла и др. (см. таблицу). Сравнение среднемировых данных по переработке вторичного сырья металлов с соответствующими показателями в США — одной из ведущих стран мира по многим и разнообразным экономическим показателям, в том числе в горнодобывающей и металлургической промышленности (см. таблицу), позволяет сделать вывод, что активное вовлечение вторичного сырья металлов во внутренний хозяйственный оборот стран характерно для развитой сырьевой экономики. И наоборот, отсутствие производства металлов из вторичного сырья в сырьевых странах, масштабный вывоз скрапа (как и других видов сырья) — показатель экономической слабости инфраструктуры сырьевого сектора.

Экономика производства металлов из вторичного сырья по уровню производственных издержек выгодно отличается от производства металлов из первичного сырья. В ее структуре отсутствуют капиталозатратные и рискованные фазы поисков, разведки и оценки минеральных ресурсов и подготовки объектов МСБ к эксплуатации [21, 43, 46]. Например, простая и дешевая схема переработки вторичного сырья свинца используется швейцарской компанией Metaleurop S.A. (рис. 3). Крупные добывающие компании, наряду с извлечением металлов из первичного сырья, для повышения объема их выпуска и снижения производственных издержек в краткосрочной перспективе нередко дополнительно извлекают металлы из скрапа. В мировой цветной металлургии существует ряд компаний без сырьевых активов, успешно работающих только на вторичном (швейцарская Metaleurop, свинец, цинк) или комбинированном (с участием вторичного) покупном сырье (никелевые компании Японии и других стран Азии (рис. 4).

Вторичное сырье черных металлов — давний и традиционный объект их производства в связи с потребностями промышленности, особенно в периоды войн, экономических спадов и кризисов. Эффективность их рециклинга высока (52–87%), доля металла из скрапа достигает 40% и более (см. таб-

Мировые данные по рециклингу черных, цветных, легированных, редких, благородных и других металлов и показатели рециклинга некоторых металлов, играющих важную роль в экономике США

Средние мировые данные по рециклингу металлов [19, 27]	Статистические показатели экономики рециклинга металлов из вторичного сырья в США [24, 39, 45 и др.]												
	Мировое производство, тыс. т/год (1996 г.)	Доля рециклированного металла в мировом потреблении, %	Генерированный, тыс. т	Потребленный, тыс. т ²	Стоимость потребленного скрапа, млн. дол.	Эффективность рециклинга, % ³	Предложение, тыс. т ⁴	Скрап с неликвидными металлами, тыс. т ⁵	Потребление нового скрапа, тыс. т ⁶	Отношение нового скрапа / старый скрап, % ⁷	Доля рециклированного металла в кажущемся потреблении, % ⁸	Чистый экспорт скрапа, тыс. т ⁹	Стоимость нетто-экспорта скрапа, млн. дол.
Hg (2000 г.)	3,0	62	0,250	0,155	0,67	62	0,250	0,095	0,005	3:97	80	Н.д.	Н.д.
Fe и сталь	Н.д.	56	75 000	35 000	3790	52	78 000	38 000	18 000	34:66	55	2510	272
Pb	7816,0	53	1220	1060	263	95	1230	63	55	5:95	63	103	26,8
Ni	814,7	44	Н.д.	93,4	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	45:55	34	23,4	221,5
Ti	110,0	40	»	Н.д.	»	»	»	»	»	Н.д.	50	1,26	Н.д.
Cu (2003 г.)	9200,0	38	2888,6	1422	5030,9	37,4	546	»	953	67:33	32,5	118,8	206,9
Ag (2003 г.), т	13,8	35	1760	1680	420	97	1820	54	530	24:76	32	26	4,2
Zn	8676,0	28	672	82	71	19	702	505,0	344,0	81:19	27	5	12
Cr	284,0	26	132	75,3	66,4	87	144	18,0	28,6	28:72	20	41,0	1,54
Mg	309,0	26	108	31,8	72,1	39	112	68,2	44,6	58:42	31	7,5	22,2
Al	19 600,0	20	4000	1370	1900	42,0	4625	2660	2080	60:40	36	-50	96
W (2005 г.)	42,1	20	7,3	6,2	35	66	9,7	3,3	1,6	20:80	46	-2,94	15,0
Au, т	2,3	16	166	130	1234	96	178	8	45	25:75	29	28	272
Ta	0,34	14	300	90	8	35	370	240	120	57:43	21	30	2,7
Nb	Н.д.	Н.д.	2,9	1,0	20	50	3,0	1,5	0,8	44:56	22	0,4	6
Mo	78,9	11	26,7	8,0	70	30	26,8	18,7	4,0	33:67	33	0,19	1,8
Cd	18,6	10	1,76	1,68	270	97	1,82	0,054	0,53	24:76	32	0,026	4,2
МПГ (Pt), т	0,33	10	42,7	7,69	117	76	8,1	8,5	5,6	42:58	16	14,31	200
Sn	225,0	10	13	8	65	75	13	3	8	50:50	22	5	Н.д.
Co	22,9	9	3,5	1,7	40	68	3,83	1,23	1,70	50:50	32	1,20	40
Mn	7100,0	Незначительная	463	218	120	53	481	227	108	33:67	37	18	10

Примечание. 1 — количество металла в продукции, теоретически устаревшей с 1998 г.; потребление с безвозвратной потерей исключено; 2 — количество металла во вторичном сырье, рециклированном в 1998 г.; 3 — сумма потребленного и экспортированного старого скрапа, деленная на сумму генерированного, импортированного скрапа и абсолютного объема снижения коммерческих запасов старого скрапа; 4 — генерированный плюс импортируемый старый скрап; 5 — поставки минус потребление, минус экспорт, минус рост коммерческих запасов старого скрапа; 6 — включая предложение промышленного скрапа, исключая бытовой скрап; 7 — отношения потребленных количеств, %; 8 — доля металла в кажущемся потреблении — частное от деления суммы потребления старого и нового скрапа на кажущееся потребление (первичное плюс вторичное производство, плюс импорт, минус экспорт, плюс изменения государственных и промышленных коммерческих запасов) в единицах массы, выраженное в %; 9 — торговля преимущественно старым скрапом, нетто экспорт равен экспорту минус импорт старого скрапа. Н.д. — нет данных.

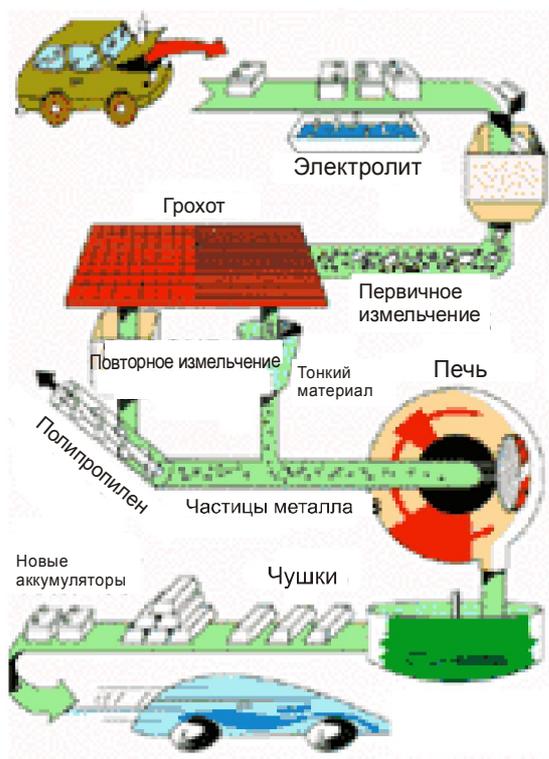


Рис. 3. Схема процесса рециклинга автомобильных аккумуляторных батарей компании *Metaleurop S.A.* (Швейцария) с сопутствующим производством вторичного полипропилена, по [33]

лицу). В структуре материальных затрат черные металлы по масштабам и универсальности их применения занимают особое место. Железо и сталь, несмотря на смещение приоритетов к энергетическим видам сырья (нефть, газ и т.д.) как ключевым в дальнейшем развитии индустрии, остаются более точными критериями в оценке состояния и перспектив общественного производства по показателю сталеемкости ВВП страны, групп стран с разными типами экономики и т.д. [1]. Кроме того, даже при росте производства и широком применении пластмасс, цветных металлов и др. сталь остается важнейшим конструкционным материалом. Структура источников энергетического сырья в различных странах может существенно различаться (в Бразилии для производства автомобильных топлив используют в больших масштабах сахарный тростник, в Швеции и Норвегии преобладают гидроэлектроэнергетические источники), а альтернативы сталеемкости промышленности нет.

По данным Международного института железа и стали (IISI) в ближайшие пять лет заметно выра-

стет потребление железа и стали в большинстве регионов мира (наиболее высокий спрос в автомобильном, строительном и потребительском сегментах промышленности), что приведет к сохранению и усилению роста производства стальной продукции из вторичного сырья [24]. В настоящее время объем мирового производства железа и стали из скрапа составляет 35–50 млн. т (около 56% потребления США). Извлечение 1 т стали из скрапа сохраняет, по некоторым оценкам, около 1030 кг железной руды, 580 кг угля и 50 кг известняка [24]. Отсутствие собственной МСБ заставляет некоторые страны искать источники вторичного сырья железа и стали за рубежом. Такова деятельность компаний Японии по сбору и вывозу из портовых городов Дальнего Востока и Северо-Востока России пресованной стальной бочкотары. Рециклинг других черных металлов (марганца, хрома) также связан с производством сталей. Марганец из стального скрапа производят в незначительных объемах. Рециклинг хрома связан с производством нержавеющей сталей из вторичного сырья, их скрап является одним из главных источников вторичного металла (до 26% в мировом потреблении). В США на производство нержавеющей сталей приходится более половины потребления хрома, часть его при этом не извлекается, входя в состав новой продукции — сплавов, углеродистых, нержавеющей и инструментальных сталей [24]. Мировой рост производства таких сталей, в том числе из аналогичного скрапа, указывает на прогрессивный рост объемов производства хрома из вторичного сырья.

Переработка скрапа цветных металлов также тесно связана с нуждами ведущих отраслей промышленности, доля их рециклированных составляющих в мировом потреблении меняется от 9% (Co) до 53% (Pb), эффективность рециклинга свинца (США) достигает 95% (см. таблицу).

Рециклинг алюминия начался сразу после первой мировой войны. В настоящее время мировое производство алюминия из вторичного сырья составляет более 20 млн. т (около 20% мирового потребления 2000 года). Источники вторичного сырья (и «петли рециклирования») многообразны. Рост производства алюминия из скрапа обусловлен многофункциональностью металла и нуждами практически всех отраслей экономики от аэрокосмической до пищевой, в особенности — авиационной (стандартный Boeing 747 содержит около 75 т алюминия). В 2000 г. производство металла из скрапа в США составило 3,5 млн. т, в том числе из старого скрапа — около 40%. За 1950–2000 гг. в результате улучшений технологии извлечение металла из скрапа возросло в 15 раз [24].

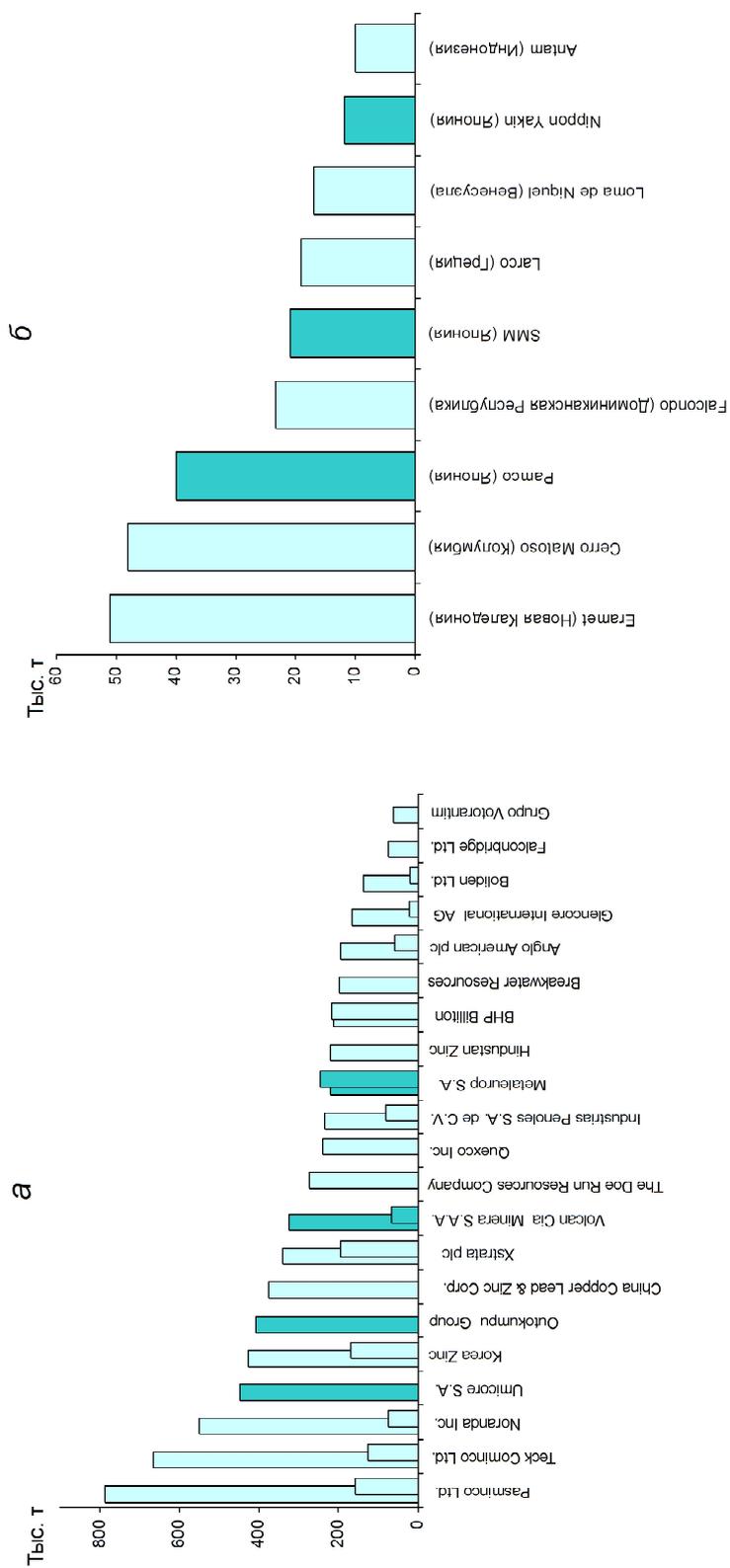


Рис. 4. Объемы производства ведущих мировых компаний — производителей свинца (левый столбик), цинка (правый столбик) и ферроникеля, по [41] (б), в 2003 г.: более густая заливка — компании без сырьевых активов, работающие на импортном вторичном или комбинированном сырье с широким участием вторичного

Мировое производство вторичной рафинированной меди, по данным International Copper Study Group (ICSG), за 2000–2003 гг. снизилось с 2,13 до 1,75 млн. т и составило лишь около 11,5% общемирового производства рафинированного металла (рис. 5). У большинства продуцентов вторичной меди отмечается еще более низкий выпуск металла, за исключением Китая. В Китае производство меди из вторичного сырья резко возросло (на 20%, или на 56 тыс. т) в основном за счет импортных поставок. В США — крупнейшем продуценте меди из вторичного сырья — ее вторичное производство сохранило снижающийся тренд (спад в 2003 г. на 17 тыс. т, или 24%) в результате его свертывания [45]. Эти процессы связаны с высокой эффективностью комбинированных технологий кучного выщелачивания и экстракции из растворов и электроосаждения металла (SX-EW) при переработке крупных объемов низкосортных медных руд.

Расширение производства свинца и цинка из вторичных материалов связано с бурным развитием автомобилестроения, строительной индустрии и новых направлений в них с интенсификацией производства аккумуляторных батарей (см. рис. 4), оцинкованных автомобильных кузовов и аналогичных строительных конструкций для защиты от коррозии.

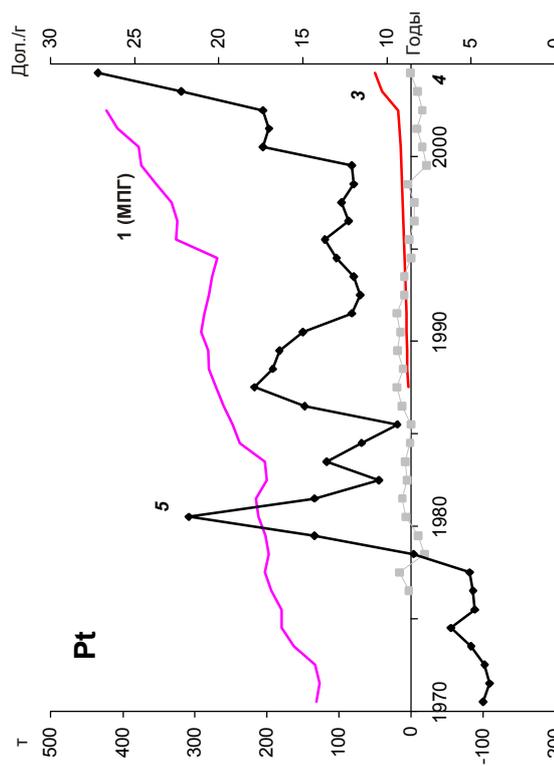
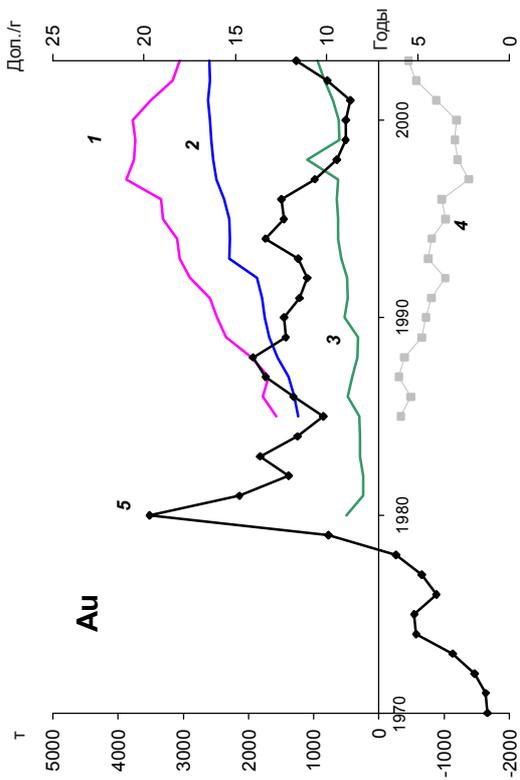
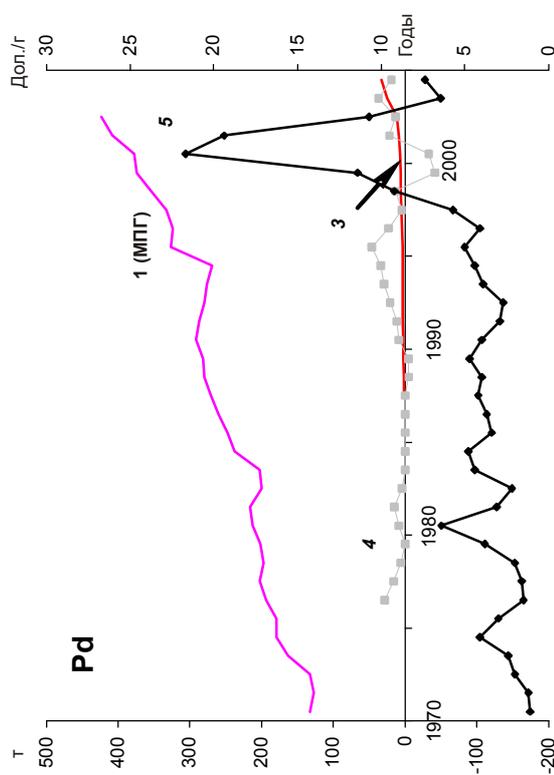
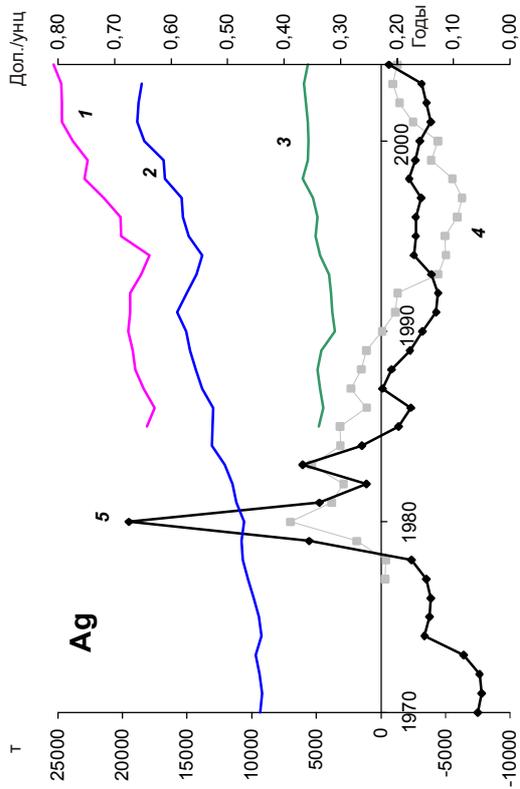
Свинец — один из наиболее рециклируемых цветных металлов в мире. Его мировое производство из вторичного сырья росло постепенно и впервые превысило выпуск первичного свинца в 1989 г. (см. рис. 5). Это отражает благоприятные экономические условия для извлечения свинца из скрапа и тот факт, что свинец при переработке скрапа сохраняет свои физические и химические свойства. Доступ к вторичному свинцу из скрапа как обновляемого ресурса для изготовления автомобильных и других аккумуляторных батарей имеют и страны, не обладающие первичными источниками сырья [31]. Объем мирового производства свинца из вторичного сырья в 2003 г. составил 3126 тыс. т, 45,8% мирового потребления или более 100,5% мирового рудничного производства в западном мире (данные International Lead and Zinc Study Group — ILZSG), превысив объем производства из первичного сырья на фоне продолжающегося повышения рыночных цен.

Нарушения баланса спроса-предложения свинца не оказывают значительного воздействия на уровень использования вторичного сырья в связи с высоким и растущим спросом на металл (см. рис. 5).

Извлечение цинка из вторичного сырья также активизируется в последние годы. С ростом использования сталей с цинковым покрытием в авто-

мобильной и строительной индустрии существенным источником вторичного цинка становятся пылевые отходы электродуговых печей. Данные ILZSG показывают, что общее извлечение цинка из вторичных материалов в западном мире в 1994 г. составило 1,88 млн. т. Вторичный цинк включает высококачистый рафинированный металл, переплавленный цинк чистотой менее 98,5% Zn и цинк скрапа, используемого в производстве цинковых сплавов. Западный мир ежегодно потребляет более 6,5 млн. т чушек оксидов, порошков и пылей, 2 млн. т из них (30,8%) составляет рециклированный цинк. По оценке USBM, в результате совершенствования технологий переработки вторичного сырья в 2003 г. количество цинка из скрапа составило 30% общемирового потребления (см. рис. 5). В США в общем объеме потребления цинка около 1400 тыс. т в год около 25% составил металл из скрапа [39]. Извлечение цинка из скрапа, как и для свинца, приводит к снижению объемов безвозвратных потерь металла, сохранению энергии в результате уменьшения необходимости добычи и плавления, снижению воздействия на окружающую среду, сбережению МСБ. Цинк в отличие от многих других материалов можно многократно рециклировать без изменения его механических и химических свойств. Положительный тренд роста производства цинка из вторичного сырья не подвержен существенным колебаниям (см. рис. 5) и не зависит ни от каких других факторов, кроме устойчиво растущего спроса автомобильной промышленности и стройиндустрии.

Никель — интенсивно рециклируемый металл. Процессами переработки его вторичного сырья (в основном нержавеющей стали) в западном мире управляют не государственные учреждения, а исключительно коммерческие компании. Важнейшим конкурентом крупнейшего рынка первичного никеля является производство нержавеющей стали из никеля в скрапе. По оценке Inco Ltd., около 48% никеля, необходимого для производства аустенитных (никельсодержащих, в отличие от ферритных — хромсодержащих) нержавеющей сталей, мировая промышленность получает в форме скрапа нержавеющей сталей. Они содержат также хром и железо, необходимые для производства аустенитных сталей (75% мирового объема производства нержавеющей сталей). Продукция из металлического никеля и его сплавов, в первую очередь нержавеющей стали различных марок (200, 300 и 400), имеет длительный период эксплуатации и, накапливаясь, создает у стран-пользователей значительные запасы вторичного сырья для будущих поколений [38]. Срок массовой переработки его еще не наступил.



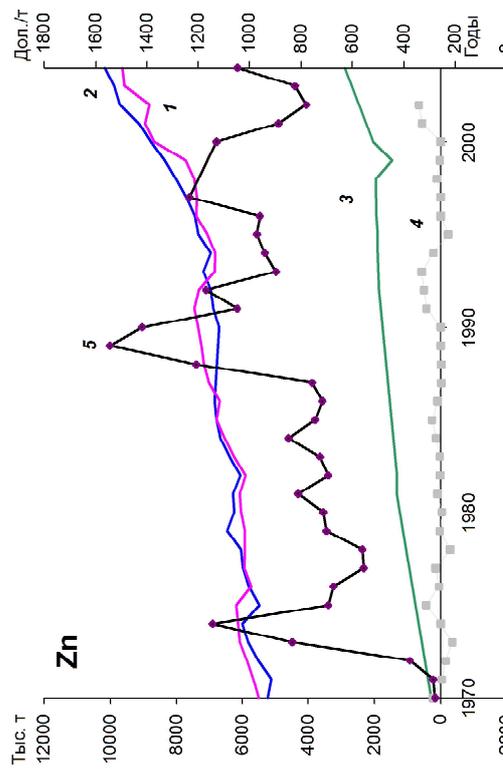
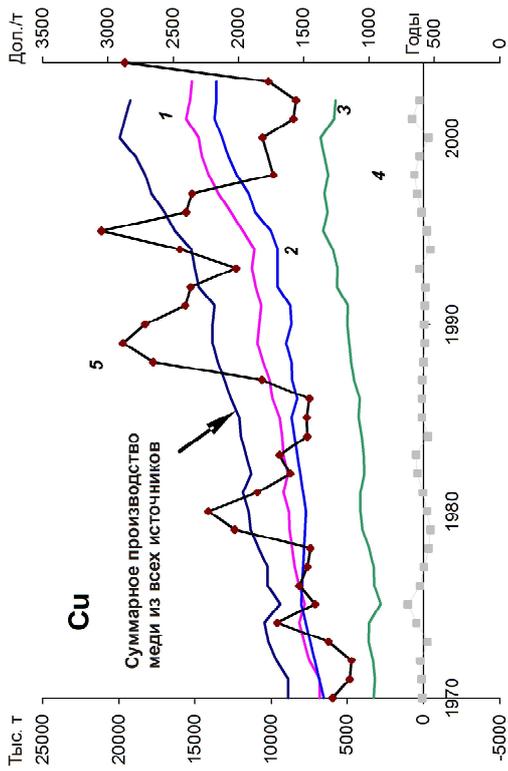
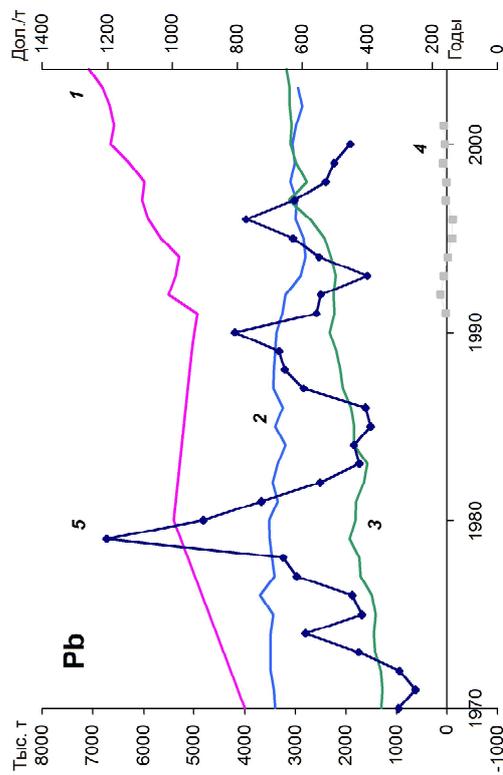
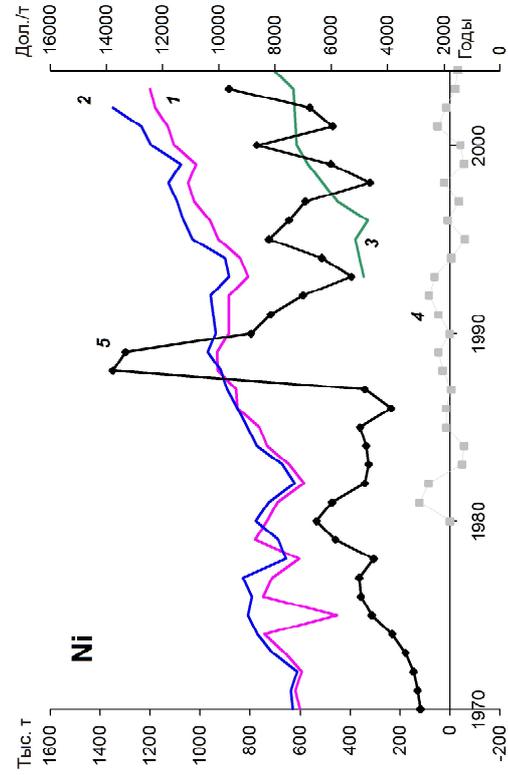


Рис. 5. Соотношения между производством рафинированных металлов (1), их рудничным производством (2), производством из скрапа (3), балансом спроса-предложения (4) и мировыми ценами на металлы (5) в 1970–2004 гг., по [25, 26, 28, 35, 47 и др.]

В 1980 г. – начале 2000 г. неоднократно возраставший спрос при дефиците предложения приводил к ценовым скачкам на рынке никеля. Особенно резкий рост цен наблюдался в течение 2004 г. Эти колебания, связанные с неустойчивостью поставок никеля на рынок (в основном из России) и растущим спросом со стороны Китая, проявляются в неизбежном выбросе скрапа на рынок и росте производства никеля из вторичного сырья. Растущий мировой объем производства никеля из вторичного сырья — реакция мирового рынка на такие колебания, способствующая стабилизации положения (см. рис. 5). Неустойчивое производство металла из вторичного сырья связано с колебаниями ожиданий рынка при растущем спросе и повышающейся мировой цене.

Источники вторичного сырья благородных металлов включают старый и новый скрап, образующийся в промышленности и у потребителей. Отработавшие компьютеры, количество которых в последние годы резко возрастает, и другое электронное оборудование — один из основных источников скрапа. В США количество извлеченных из них рециклированных благородных металлов только за 1997–1998 гг. составляло 3,1–3,6 т ежегодно [18].

Производство золота из вторичного сырья обусловлено ростом спроса на него в промышленности и непромышленной сфере. Несмотря на провозглашение золота обычным рыночным товаром, оно сохраняет за собой функции сокровища и важного финансового инструмента в силу своей высокой ликвидности. В 2003 г. вклад скрапа в общемировой объем предложения вырос на 13% и достиг максимума (943 т) за последние пять лет. Это вызвано главным образом подъемом на порядок цены на металл в 90-е годы и отсутствием последующего адекватного спада ее и факторами, связанными с особенностями местных рынков [4]. Баланс спроса-предложения в статистических сводках по золоту (и другим благородным металлам) всегда сведен к нулю, однако сальдо между добычей (mining) и общим потреблением золота (total fabrication) в мире в течение последних десятилетий всегда отрицательное. Поэтому в связи с ростом потребления металла можно ожидать постоянное возрастание количества золота, полученного из скрапа. Общемировой объем золота из вторичного сырья за рассмотренный период вырос почти в два раза. Диаграмма динамики добычи, общего потребления и производства металла из скрапа показывает рост последнего при отсутствии его резких колебаний (см. рис. 5).

Потребление серебра с 1951 г. превысило его извлечение из руд. С этого года берет отсчет произ-

водство серебра из вторичного сырья. Производство вторичного серебра включает его извлечение из нового и старого скрапа, генерируемого из серебряносодержащих отходов промышленности и потребителей. По оценке, в конце 80-х годов мировое извлечение серебра только из отходов фотоиндустрии многочисленными компаниями во всем мире составило около 67% от общего объема его потребления [42, 47] (см. рис. 5). В отличие от золота для серебра характерен широкий спектр промышленного применения, поэтому производство его из вторичного сырья определяет в основном спрос со стороны промышленности.

К источникам скрапа серебра относятся продукция, находящаяся в обороте (монеты и награды), перерабатываемые отходы и безвозвратно потерянный металл. Наиболее важен скрап фотоиндустрии, электротехнической и электронной промышленности, ювелирный, отработанные катализаторы. С 1993 по 2003 гг. общий объем металла из вторичного сырья вырос в 1,17 раза и составил 5,64 тыс. т. Баланс спроса-предложения серебра на рынке не обнаруживает резких изменений, как и для цветных металлов, поскольку регулируется поступлениями металла из резервного фонда государств и компаний (как и для золота), но стимулирующее действие на производство металла из скрапа, безусловно, оказывает (см. рис. 5).

Особая ситуация складывается на мировом рынке металлов платиновой группы. В настоящее время, кроме традиционного ювелирного, активизировался и в ближайшие годы будет расширяться сегмент промышленного использования МПГ в производстве автомобильных конвертеров и катализаторов для силовых электроустановок на основе топливных элементов [35]. Это потребует значительного роста производства платины и других МПГ из первичных источников и из скрапа [35, 36]. В Европе уже более 25 лет успешно работают компании по рециклингу благородных металлов, в том числе МПГ. Одна из ведущих по переработке платиновых автомобильных конвертеров и другого скрапа благородных металлов — немецкая компания Demet Deutsche Edelmetall Recycling AG (завод по рециклингу автомобильных конвертеров в Альценау). На Американском континенте одна из крупных компаний по переработке исключительно автомобильного скрапа каталитических конвертеров в США и Канаде — Kaye Refining Corp. [23].

Анализ и прогноз экономической доступности МПГ для промышленного использования, проведенный американским агентством TIAH LLC по запросу правительства США, показывает, что развитие автомобильного сектора промышленности и

коммерциализация топливных элементов в силовом сегменте электротехнической отрасли промышленности приведут к росту промышленной составляющей скрапа МПГ (отработанные автомобильные катализаторы и катализаторы топливных элементов), сопоставимой по объему с нынешним производством МПГ из первичных руд [36]. Динамика мирового производства МПГ из вторичного сырья свидетельствует о необычайном его ускорении в самые последние годы, что тесно сопряжено как с ситуациями рыночного дефицита-избытка, так и с колебаниями мировых цен (см. рис. 5).

Мировое производство цветных и благородных металлов из вторичного сырья в 1990–2000 гг. (см. рис. 5) характеризуется устойчивым ростом на фоне изменчивых ситуаций спроса-предложения, особенно интенсивным в условиях дефицита металлов на мировом рынке и сопряженного роста цен на них. Только за 90-е годы доля металлов, полученных из вторичного сырья, приходившихся на 1 т металлов из первичных руд, выросла для цветных металлов в 1,2–1,36 раза, для благородных — в 1,5–1,72 раза, несколько снизившись для серебра и платины.

Отмечаются резкие изменения объема производства цветных металлов из вторичного сырья на фоне общего его роста. Это связано с инерционностью процессов адаптации производства к возникшим условиям спроса-предложения на рынке. Возможность быстрого покрытия дефицита в балансе мирового спроса-предложения благородных металлов за счет их высокой ликвидности путем выброса на рынок (продажи центробанков, дехеджевые операции компаний-производителей, процедуры дезинвестирования и детезаврации и др.) не приводит к сильным скачкам объемов производства из вторичного сырья. Однако в целом стимулирует его в связи с низкочувствительными особенностями производства металла из вторичного сырья и возможностями оперативно маневрировать им. При этом отсутствуют резкие изменения в балансе спроса-предложения, постепенно нарастает дефицит или избыток и происходит согласованное изменение объемов производства из скрапа и цен на металлы. Исключением являются массивные продажи металла на мировом рынке крупными игроками — государствами и компаниями (биржевые игры), существенно нарушающие равновесие и подавляющие производство металла из вторичного сырья. Постоянными условиями стабильного роста производства металлов из вторичного сырья остаются мера их промышленного использования и низкие капитальные затраты на производство. Чем эта мера выше, а затраты ниже, тем устойчивей рост. Осо-

бенно это характерно для серебра, потерявшего свое валютное значение, зато имеющего расширяющийся спектр областей современного промышленного потребления (электроника, очистка воды и др.).

Периодически возникающий дефицит в балансе спроса-предложения металлов на мировом рынке служит одним из важных рыночных стимулов активизации использования вторичного сырья, кроме собственно сырьевого. Он вызывается различными причинами. Для металлов с широким спектром промышленного спроса (черные, цветные, редкие и др.) дефицит может быть вызван недостатками, истощением или отсутствием МСБ — объектов их рудничного производства, для благородных металлов — сырьевыми, общеэкономическими, политическими причинами, краткосрочными биржевыми спекуляциями компаний и даже государств с их высоколиквидными резервами драгметаллов и камней (например, продажи драгметаллов из госрезервов центробанков). В любом случае в обозримом будущем в связи с общими тенденциями роста спроса на металлы можно ожидать интенсификации использования скрапа черных, цветных и благородных металлов. Некоторые примеры роста производства металлов разных групп из вторичного сырья и механизмов, управляющих этим ростом, приведены на рис. 5.

Особняком по отношению к собственно вторичному сырью благородных металлов стоят горные отходы на некоторых зарубежных объектах первичного производства (хвостоотвалы, шлаки и др.). Таковы хвостоотвалы с благородными металлами оловянно-серебряных рудников San Bartolome (Боливия), Hellier (Австралия, Тасмания) и др., относимые к возможным источникам дополнительных объемов металлов и успешно осваиваемые [37].

Еще в 1987 г. в докладе «Наше общее будущее» Комиссия ООН по сбалансированному развитию под руководством Г.Брундтланд [20] сформулировала тезис о «сбалансированном» использовании невозобновляемых природных ресурсов с целью их сохранения и уменьшения ущерба для будущих поколений. Рассмотрение мировых тенденций производства и потребления металлов из вторичного сырья показывает, что он не утратил своей актуальности и реализуется, хотя и трансформирован позже в принцип «устойчивого» развития (Рио-де-Жанейро, 1992 г.).

Горнодобывающая промышленность современной России, к сожалению, не является ни сбалансированной, ни устойчивой. В большинстве сегментов отрасли она низкорентабельна (часто нерента-

бельна) из-за слабой конкурентоспособности МСБ, низкой эффективности работы металлургических предприятий на устаревшем оборудовании и др. Необходим ряд нетривиальных мер по обеспечению ее сырьем. Месторождения алмазов, драгоценных металлов, никеля и меди нашей страны не уступают по масштабам и качеству руд объектам МСБ основных стран-производителей мира. Однако МСБ свинца и цинка представлена нерентабельными для отработки объектами, экономически слабодоступными. Выборочные данные о состоянии обеспеченности минерально-сырьевыми ресурсами черных, цветных и благородных металлов перерабатывающих мощностей России [7] показывают следующее.

Крупные запасы железных руд в европейской части страны и в Восточной Сибири не позволяют обеспечить металлургические комбинаты Урала и Западной Сибири собственной сырьевой базой, а близлежащие крупные месторождения расположены на территории Казахстана (Соколовско-Сарбайское, Качкарское).

По выпуску алюминия Россия занимает второе место в мире после США. Но обеспеченность страны собственным глиноземным сырьем (бокситы и нефелиновые руды) составляет лишь треть от потребностей. Сырье для перерабатывающих мощностей в Сибири поставляется из Северного Казахстана (тургайские месторождения бокситов, Павлодарский глиноземный завод). В итоге алюминиевые комбинаты столкнулись с проблемами нехватки высококачественного первичного сырья. Россия, располагая крупными предприятиями по переработке алюминиевых руд и энергетическими мощностями для обеспечения их проектной производительности, вынуждена использовать чужое сырье на толлинговой основе. Информация об упорядоченном сборе и переработке полноценного вторичного сырья отсутствует. Известны лишь многочисленные факты кражи кабелей высоковольтных ЛЭП и сдачи их в виде алюминиевого лома на пункты сбора металлов.

Основные мощности по добыче и выплавке меди в России сосредоточены в Норильском районе и на Урале. Предприятия Норильского района обеспечены собственным сырьем, но себестоимость этой меди высока. Уральский регион сырьем не обеспечен из-за отработанности месторождений и устаревшего оборудования медеплавильных заводов, нарушающих также экологическое состояние среды (остановка Карабашского завода). Крупные неосвоенные месторождения Сибири (Удоканское) требуют значительных инвестиций.

Минерально-сырьевая база свинца и цинка в России значительна, но либо масштабы объектов

небольшие (Забайкалье, Приморский край), либо на крупных объектах качество руд невысокое, либо объекты отличаются сложными горногеологическими условиями (Горевское, Озерное, Холоднинское), что не позволяет вести их рентабельную отработку. Роль производства свинца из вторичных материалов в стране довольно велика. В 1990–2000 гг. оно составляло 6–20 тыс. т или 17,6–99% всего объема рафинированного металла, однако возможности роста его в связи с малым объемом исходных материалов ограничены [11].

Данные по производству цинка из вторичного сырья отсутствуют. По сравнению с 1970 г. (СССР) производство цинка в России снизилось в 3,5 раза, и необходимы дополнительные источники сырья [11].

Производители никеля — четыре компании: ГМК «Норильский никель», комбинаты «Уфалейникель», «Южуралникель» и «Режникель». Россия, располагая крупнейшими в мире по запасам медно-никелевыми месторождениями Норильского района с рудами высокого качества (Норильск I, Октябрьское, Талнахское) и Кольского полуострова (Ждановское месторождение), казалось бы, далека от проблем зарубежной никелевой промышленности, отработывающей месторождения преимущественно вкрапленных руд. Но запасы богатых массивных руд ГМК «Норильский никель» не вечны, а комбинаты «Уфалейникель», «Южуралникель» и «Режникель», работая на силикатных рудах, испытывают трудности с поставками сырья. При годовом производстве 20 тыс. т Ni компании «Уфалейникель», «Южуралникель» не занимаются проблемами вторичного сырья никеля. Переработка скрапа им невыгодна, так как требует дополнительных затрат. В то же время Россия экспортирует никель на мировой рынок, наращивая экспорт в условиях низкого спроса со стороны отечественной промышленности (рис. 6) и высокого мирового спроса на нержавеющие стали (Китай).

Данные по использованию вторичного сырья золота, платиновых металлов и серебра в России отсутствуют.

Все перечисленное требует критического анализа и рассмотрения различных сценариев развития МСБ и возможных других источников металлов с учетом опыта работы зарубежных компаний. Важную роль могут играть вторичные источники сырья, скрап и отходы горнопромышленного производства (отвалы некондиционных руд, хвосты обогащательных фабрик, шлаки, кеки и проч.), не требующие капитальных затрат на ГРП, оценку и извлечение из недр. Производство металлов из вторичного сырья в стране не имеет официального статуса и криминализовано. Последнее особенно

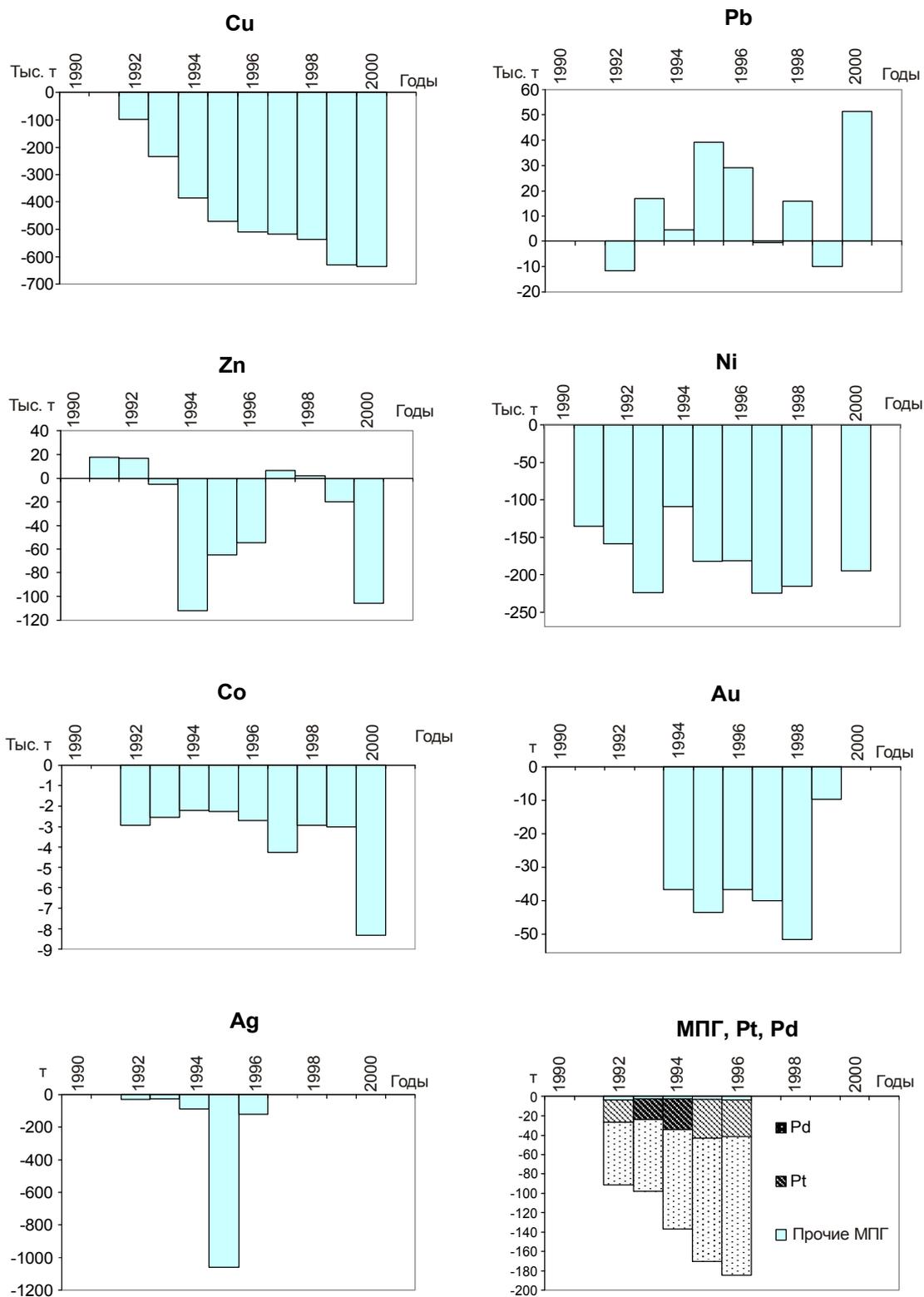


Рис. 6. Сальдо экспорта-импорта Россией руд, концентратов, скрапа и необработанных цветных (тыс. т) и благородных (т) металлов в 1990–2001 гг. в пересчете на металл, по [13] и др.

характерно для нелегального оборота благородных металлов из их лома и отходов горного производства [15]. Возможным решением проблемы являются горнопромышленные отходы. По некоторым оценкам, за 300 лет развития горнодобывающей отрасли в различных экономических регионах России накоплено не менее 100 млрд. т отходов. По данным [3], только в отходах предприятий цветной металлургии содержится (тыс. т): Zn 9000, Cu 7790, Ni 2480, Pb 980, Sn 540, и ряд других полезных компонентов в промышленных количествах. В отвальных комплексах золотоносных приисков содержится около 5 тыс. т россыпного золота [2]. Разработку россыпей золота проводили с полной потерей связанного золота, количество которого может достигать 95% от общих запасов. Извлечение свободного золота во многих случаях составляло лишь около 30% от его количества [9]. Неизвлеченное золото частично сохранилось в отработанных россыпях и в гале-эфельных отвалах. Использование современных технологий позволило бы их рентабельно эксплуатировать [12]. Кроме того, в отвалах дражной отработки россыпей много не только мелкого золота, но и самородков, которые пропускались устаревшим оборудованием. Эти самородки народные умельцы успешно ищут с помощью современных металлоискателей [15]. Однако промышленная значимость металлосодержащих горнопромышленных отходов изучена слабо, а опыт их разведки, оценки и утилизации невелик. Тем не менее помех для квалификации их как источников вторичного сырья нет, и отходы горнодобывающих и сопутствующих перерабатывающих предприятий в отсутствие инвестиций на ГРП можно рассматривать как один из резервов обеспеченности России минеральным сырьем. Заслуживает самого пристального внимания и поощрения опыт ГМК «Норильский никель» по освоению техногенного сырья платиновых хвостохранилищ в Норильском районе. Кроме того, следует отметить, что даже частичная переработка отходов горного производства могла бы снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет ликвидации значительных загрязнений, вызванных горнорудным и металлургическим производством, и реабилитации территорий.

Российские продуценты металлов продолжают оставаться перед лицом возрастающих энергетических, транспортных и топливных затрат. Отсутствие инвестиционного капитала препятствует также процессам совершенствования в технологической области, в обслуживании оборудования и в сфере охраны окружающей среды. Исключениями являются Челябинский цинковый плавильный завод и

предприятия ГМК «Норильский никель». Первый провел модернизацию в результате займа у ЕБРР с завершением ее в 1998 г. и ростом годовой производительности с 70 до 200 тыс. т рафинированного цинка; второй осуществляет модернизацию своих предприятий с помощью финской компании Outokumpu. Но вторичное сырье и горнопромышленные отходы они не перерабатывают.

Еще один из возможных путей выявления сырьевых ресурсов в России (вне недр) — налаживание силовыми органами страны надлежащего контроля за потоками неучтенного сырья (а для благородных металлов — собственно металла и скрапа) на так называемом «сером рынке». ЦНИГРИ участвовал и продолжает принимать участие в подобной работе.

К сожалению, любой анализ неучтенных или возможных дополнительных ресурсов вторичного сырья или горнопромышленных отходов становится бессмысленным при изучении данных по нетто-экспорту Россией руд, концентратов, скрапа и рафинированных черных, цветных, благородных и других металлов на мировой рынок [13]. Масштабы его в 90-х — начале 2000 г. оказались такими, что заставили международные торговые организации (ЛБМ и др.) принимать по отношению к России антидемпинговые меры (по никелю, кобальту, стали) в связи с существенным воздействием массивированных российских поставок на мировые цены. Практически для всех металлов характерно положительное сальдо российского экспорта-импорта, свидетельствующее о массивированном вывозе металлов из страны на протяжении длительного периода — с начала «перестройки» до настоящего времени (см. рис. 6). Ярким примером может служить состояние дел с балансом экспорта-импорта золота. Данных по экспорту золота из России мало. Однако общая тенденция изменения этого показателя хорошо просматривается при сопоставлении данных по золотой составляющей золотовалютного резерва (обязательная ежемесячная информация для МВФ) [29, 34] и ежегодной добычи золота в стране [4]. О масштабах вывоза металлов (в том числе их скрапа), кроме официальных данных, свидетельствует информация на многочисленных сайтах интернет-магазинов по мелкооптовой торговле металлами. Эти сайты канализируют сотни предложений для российских дилеров на вывоз металла в основном в виде скрапа за рубеж при единичных запросах на ввоз (например, известный сайт RUSSIA: Exsport-Import [40], итальянский сайт по цветным металлам каталога Logini [32] и др.). Эти неутешительные данные свидетельствуют о широкой практике решения сиюминутных задач частных компаний за счет невозполнимых ресурсов вторичного

сырья России на протяжении всего постперестроенного периода.

Изложенное позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Мировое сообщество в условиях роста потребления металлов во всех секторах и сегментах хозяйственной деятельности успешно развивает производство металлов из вторичного сырья. Этот процесс наиболее заметен с момента начала снижения темпов роста численности мирового населения. Кроме черных металлов, наиболее эффективно производство вторичных алюминия, меди, свинца, цинка, никеля и др. На очереди — рост производства благородных металлов (серебра и МПГ) с широким спектром промышленного использования. В целом реализуется основная идея доклада Комиссии ООН (1978 г.) по сбалансированному развитию.

2. Периодические подъемы производства металлов из вторичного сырья характерны для периодов отрицательного баланса спроса-предложения, вызванных различными причинами, от недостатков в развитии МСБ до политических и банковских спекуляций. Эти подъемы стимулируются низкозатратной экономикой сбора и переработки вторичного сырья и высокой ликвидностью скрапа благородных и отчасти цветных металлов (скрап нержавеющей стали). Положительным результатом использования вторичного сырья металлов и отходов горнорудного производства является частичное снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

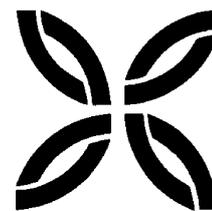
3. Налаживание в России систематического производства черных, цветных, благородных и других металлов из вторичного сырья для внутреннего потребления в настоящее время невозможно, так как большая часть их будет продана за рубеж еще в виде скрапа. Видимо, решение этих проблем в России, с учетом накопленного зарубежного опыта, еще предстоит. Оно может лежать в области эффективного правового регулирования управления наличными (накопленными) наземными минеральными и другими ресурсами металлов во всех их формах и осуществимо при условии приостановки широкомасштабного вывоза их из страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адно Ю.* Сталь как мера всех вещей // *Металлы Евразии.* 1996. № 6.
2. *Беневольский Б.И., Шевцов Т.П.* О потенциале техногенных россыпей Российской Федерации // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление.* 2000. № 1. С. 14–19.
3. *Боков В.Г., Лазарев В.Н.* Проблемы освоения техногенных минерально-сырьевых ресурсов России // *Минерально-сырьевые ресурсы России. Экономика и управление.* 2000. № 5–6. С. 31–39.
4. *Золото 2001–2004.* Русский выпуск. GFMS Limited, НБЛЗолото, Октябрь, 2001–2004.
5. *Капица С.П.* Общая теория роста населения Земли. — М.: Наука, 1999.
6. *Капица С.П.* Глобальная демографическая революция и будущее человечества // *Новая и новейшая история.* 2004. № 4.
7. *Козловский Е.А., Даукеев С.Ж.* Минерально-сырьевые ресурсы России и Казахстана — основа взаимовыгодного сотрудничества // *Маркшейдерия и недропользование.* 2003. № 2. С. 29–35.
8. *Константинов М.М.* Революция в геологии золота // *Природа.* 1998. № 3.
9. *Константинов В.М., Пельмский Г.А.* Тонкое золото россыпей // *Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология.* 2004. № 4. С. 21–25.
10. *Кривцов А.И.* Минерально-сырьевая база на рубеже веков — ретроспектива и прогнозы. Изд. 2-е, доп. — М: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
11. *Минеральные ресурсы мира.* — М.: ИАЦ «Минерал», 1995–2004.
12. *Риндзюнская Н.М., Матвеева Е.В.* Экзогенные месторождения с мелким и тонким золотом — перспективы XXI века // *Отечественная геология.* 1998. № 3. С. 20–25.
13. *Россия.* Экспорт минерального сырья и продуктов его переработки за 1995–2001 гг. // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление.* 1995. № 4; 1996. № 4; 1998. № 4; 1999. № 4; 2000. № 4; 2001. № 4; 2002. № 5.
14. *Спицнадель В.Н.* Основы системного анализа: Учебное пособие. — СПб: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000.
15. *Ходорыч А., Сенаторов Ю., Киселева Е.* Нелегалы от металла // *Коммерсантъ. Деньги.* 2001. № 10. С. 19–25.
16. *Яковлев В.Л., Гальянов А.В.* Методологические аспекты стратегии освоения минеральных ресурсов. — Екатеринбург: УрО РАН, 2001.
17. *Bleiwas D.I.* Availability of primary nickel in Market-Economy Countries. A Mineral Availability Appraisal // *US Bureau of Mines Information Circular 9276/1991,* 1991.
18. *Bleiwas D., Kelly T.* Obsolete computers, «Gold Mine», or Hi-Tech Trash? Resource Recovery from Recycling // *USGS, Eastern Publications Group Web Team,* 28.09.2001. Fact Sheet 060-01 (<http://pubs.usgs.gov/factsheet/fs060-01>).
19. *Borghi A.* Sustainable development issues // *Ecometal.* 2004.
20. *Brundtland G.H.* Our Common Future. Report of the World Commission for Environment and Development. — Oxford, Oxford University Press, 1987.
21. *Cranstone D.A., Lemieux A., Valle M.* Generalized Model of the Process of Mineral Resource Development and Mining // *Lemieux A. Canadian Reserves of Selected Major Metals, Recent Production Decisions, and Deposits Promising for Future Production — Canadian Mineral Yearbook 1995.* 1996.
22. *Dummet H.T.* Minerals resource development — our new Challenges // *Mining Engineering,* July 2000. Vol. 52. № 7. P. 37–42.

23. *Electronic Precious Metals LLC to Develop Precious Metals Trading Site* // Electronic Precious Metals LLC. Press Release. 17 July 2001 (<http://www.epmex.com>).
24. *Flow Studies for Recycling Metal Commodities in the United States*. U.S.Geological Survey, Reston, Virginia. Circular 1196-A-M. 2004.
25. *Gold 1992–1998*. GFMS Ltd., 1992–1998.
26. *Gold Survey 1999–2000*. GFMS Ltd., 1999–2000.
27. *Henstock M.E.* The Recycling on Non-Ferrous Metals // International Council on Metals and the Environment. Ottawa, Canada, 1996.
28. *Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States*. USGS Open-File Report 01-006 / T.Kelly, D.Buckingham, C.DiFrancesco et al. (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/of01-006>).
29. *International Financial Statistics*. – International Monetary Fund, Jan. 2005. P. 35–37.
30. *Kesler S.E.* Mineral Economics. Value of Growth of World Mineral and Other Raw Material Production // SEG Newsletter. 1994. № 17. P. 14–15.
31. *Lead*. Canadian Minerals Yearbook. 1994, 1995, 2003.
32. *Lorini*. Export-Import Italia-Russia. Listini Prezzi. Metalli non ferrosi 2005 (<http://www.lorini.biz/>).
33. *Metaleurop*. Nos Produits et services. Le plomb (http://www.metaleurop.fr/index.php?g_rub=produit&g_ssr=plomb).
34. *Monthly Bulletin of Statistics*. UN, 2003, December, Issue № 990. Vol. LVII. №. 12. P. 236–241.
35. *Platinum 2004, 2005*. Johnson Matthey, 2004, 2005.
36. *Platinum Availability and Economics for PEMFC Commercialization*. TIAX LLC, 2004 (D0034.2004-01-06 PGM Final Report.ppt).
37. *Project Survey, 1993–2004* // Engineering & Mining Journal. 1993–2004.
38. *Recycling and Sustainable Development*. Nickel Institute, 2004 (http://nickelinstitute.org/index.cfm/ci_id/11/la_id/1/htm).
39. *Recycling – Metals – 2003*. Minerals Yearbook. U.S.Geological Survey. 2003. P. 61.1–61.17.
40. RUSSIA:Export-Import. 2005 (<http://www.users.globalnet.co.uk/~chegeo/zk3.htm>).
41. *Sauvage F.-G.* Ferro-nicel, a product especially designed for the stainless steel industry // Metal Bulletin & SMR's 4 International Nickel, Stainless and Special Steel Forum 12–15 Sept. 2005, Sheraton Bilbao Hotel, Bilbao, Spain, 2005.
42. *Silver Recycling, 2003*. USGS, 2003.
43. *Societe quebecoise d'exploration Miniere (SOQUEM)* Annual Report, 1976–1977.
44. *Sustainable Development Indicators in the Mineral Industries (SDIMI 2003)*. International Conference. Book of Proceedings. Milos Conference Center – George Eliopoulos, 2003.
45. *The U.S. Copper-base Scrap Industry and Its By-products. An Overview*. Copper Development Association, 2003.
46. *Vallee, 1992*. Guide to the Evaluation of Gold Deposits. CIM, 1992, Special Vol. 45.
47. *World Silver Survey, 1995–2004*. The Silver Institute, 1995–2004.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



24 февраля 2006 г. исполнилось 80 лет **Лидии Александровне Николаевой** — доктору геолого-минералогических наук, заслуженному деятелю науки РФ, лауреату премии Правительства Российской Федерации. Л.А.Николаевой создана и постоянно развивается научная отечественная школа исследований самородного золота.

Л.А.Николаева работает в ЦНИГРИ с 1950 г. после окончания Московского геологоразведочного института. Она многие годы участвовала в полевых работах ЦНИГРИ в ведущих золотороссыпных районах нашей страны и внесла существенный вклад в развитие отечественной золотодобычи. Богатый опыт полевых исследований стал основой созданного ею нового научного направления — изучения типоморфизма самородного золота в целях прогноза, поисков и оценки коренных и россыпных месторождений. Разработанные методы и методики широко использованы при изучении и освоении золотых месторождений Ленского района, Бурятии, Урала, Дальнего Востока и Средней Азии, ряда золоторудных объектов Болгарии, Северной, Центральной и Южной Америки, Африки, Монголии, Афганистана, а также в криминалистической практике. По ее инициативе создан уникальный банк данных типоморфизма самородного золота



1000 россыпей РФ. Эта информация в концентрированном виде отражена на карте «Экзогенной золотоносности и платиноносности РФ», удостоенной премии Правительства Российской Федерации за 2000 г.

Л.А.Николаевой вместе с последователями и учениками составлен «Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России» (2003 г.), в котором обобщен огромный материал по минералогии самородного золота основных месторождений нашей страны, подготовлены и изданы методические рекомендации «Типоморфизм самородного золота» (2003 г.) и «Изучение самородного золота при экспертно-криминалистических исследованиях» (2002 г.).

Л.А.Николаева — достойный представитель выдающегося поколения отечественных геологов, создавших крупнейшую минерально-сырьевую базу золота. Она удостоена званий «Почетный разведчик недр», «Отличник разведки недр», награждена медалью «За доблестный труд», знаками «300 лет геологической службы», «Житель блокадного Ленинграда» и дипломами ВДНХ.

Будучи известным ученым, признанным в России и за рубежом, Лидия Александровна скромна, отзывчива, доброжелательна, с большим чувством юмора. Ею опубликовано более 150 работ, в том числе шесть монографий. Известны ее литературные достижения, она — талантливый популяризатор научных знаний, автор стихотворных сборников «ЦНИГРИада-1996» и «ЦНИГРИада-2000».

Свой юбилей Лидия Александровна Николаева встречает с новыми творческими планами и идеями. Желаем Лидии Александровне доброго здоровья и дальнейшей плодотворной деятельности.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Дирекция ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

2 января 2006 г. исполнилось 60 лет **Галине Васильевне Седельниковой**, заместителю директора ЦНИГРИ по научной работе, доктору технических наук, действительному члену Академии горных наук.

Г.В.Седельникова работает в институте с 1976 г. после окончания аспирантуры Московского института стали и сплавов. Она — специалист в области обогащения минерального сырья благородных и цветных металлов. Под ее руководством и при непосредственном участии разработаны эффективные технологические схемы извлечения благородных металлов из руд более 30 месторождений, в том числе Майского, Воронцовского, Нежданинского, Олимпиадинского, Кумтора, Талды-Булака, Бакырчика, Жанана, Бирана.

Г.В.Седельникова — научный руководитель приоритетных, высокоэффективных и экологических био- и геотехнологических направлений переработки рудного и техногенного сырья. За цикл работ «Исследование, разработка и внедрение биогидрометаллургической технологии переработки упорного золотосодержащего сырья» ей присуждены премия и диплом Академии горных наук им. И.Н.Плаксина. Ряд теоретических разработок и их реализация легли в основу защищенной ею в 1999 г. докторской диссертации на тему «Биотехнология извлечения золота из нетрадиционного минерального сырья». При участии Г.В.Седельниковой разработана и впервые в России внедрена в промышленность высокорентабельная технология кучного выщелачивания золота, позволившая вовлечь в эксплуатацию низкосортное рудное сырье.

В настоящее время под руководством Г.В.Седельниковой развивается новое научное направление — предварительная энергетическая обработка упорных золотосодержащих руд и концентратов — позволяющее существенно повысить извлечение золота из труднообогатимого сырья.

В 1997–2005 гг. Г.В.Седельникова неоднократно выступала с докладами на международных симпозиумах в Германии, Греции, Испании, Перу, России; она — активный участник ежегодных кворумов «Золотодобывающая промышленность России».

Г.В.Седельникова — автор более 200 научных работ, в числе которых два справочника, две монографии, пять патентов РФ на изобретения. Она является членом бюро НТС Миннауки ГНТЖ «Биоинженерия», членом бюро Совета РАН по проблемам обогащения минерального сырья, председателем секции технологии и аналитики Ученого совета ЦНИГРИ, имеет звание «Заслуженный геолог РФ». Пользуется большим уважением в коллективе за высокий профессионализм, доброжелательность и отзывчивость.

Поздравляем Галину Васильевну с юбилеем, желаем ей крепкого здоровья, семейного благополучия и дальнейшей плодотворной научной деятельности.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Поздравляем с юбилеем научного сотрудника отдела Компьютерных технологий и информатики **Галину Викторовну Земскову**. Желаем на долгие годы сохранить присущие ей инициативность, работоспособность и добросовестность во всех делах. Здоровья, счастья и радости — в семье и на работе!

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

При оформлении статей необходимо руководствоваться следующими правилами.

Объем статьи не должен превышать 15 страниц машинописного текста, включая аннотацию (не более 1/3 страницы), таблицы и список литературы. Текст печатается на одной стороне листа, все страницы рукописи нумеруются. оставляются поля —сверху (2 см), снизу (2 см), справа (1 см) и слева (3 см).. **В редакцию представляются один экземпляр статьи — распечатка с принтера, а также дискета с текстом в форматах Text format (*.rtf) или 6,0/95 (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman Cyr (размер 12, двойной межстрочный интервал); для таблиц — такой же шрифт (размер 9–10, один межстрочный интервал). Таблицы и подписи к рисункам помещаются в отдельные файлы.** По окончании работы дискеты по желанию автора возвращаются. Возможна передача статей по электронной почте: E-mail: tsnigri@tsnigri.ru для журнала «Руды и металлы».

Рисунки и другие графические материалы (не более 5) прилагаются к статье в одном экземпляре. На обороте каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. **Размер оригиналов рисунков и таблиц не должен превышать формат страницы журнала (155×185 мм). Рисунки принимаются на дискетах с распечаткой на бумаге.** Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются курсивом. Текстовые надписи на рисунках набираются на компьютере. Размер букв и цифр не менее 2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в форматах TIFF bitmap (*.tif), Pain Brush (*.pcx), Encapsulated Post Script (*.eps), Corel Draw (*.cdr), диаграмма Microsoft Excel (*.xls). Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. **Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения (плакатный вариант).** Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Цветные рисунки и фотографии не принимаются. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

Математические формулы и химические символы вписываются от руки или набираются в формате Microsoft Equation 2.0 или 3.0. Во избежание ошибок следует тщательно писать буквы, имеющие сходные как прописные (подчеркнуть двумя линиями снизу), так и строчные (подчеркнуть сверху) начертания (V, S, O, M, P, Z). Греческие буквы обводятся красным карандашом, латинские – синим (кроме символов химических элементов).

Точность приведенных цитат должна быть заверена подписью автора на полях рукописи, обязательно указывается источник по списку литературы.

Список литературы (не более 15 названий) нумеруется в алфавитном порядке. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник из списка литературы даются соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не следует включать работы, на которые нет ссылок в тексте статьи, а также неопубликованные.

Статья подписывается автором (авторами), в конце ее приводятся фамилия, имя и отчество (полностью) автора, место работы, занимаемая должность, ученая степень, адрес, служебный и домашний телефоны.

Рукопись представляется с установленными сопровождающими документами руководством организации или лично автором (авторами).

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Журнал «**Руды и металлы**» основан в декабре 1992 г. для оперативно-го распространения информации и создания информационной базы по фундаментальным разработкам в области рудных месторождений, их геологического строения и минерально-сырьевых ресурсов, по методикам и прогрессивным технологиям, экономике всех видов геологоразведочных работ, по республиканской, межреспубликанской и мировой конъюнктуре рудного минерального сырья, научно-техническим достижениям, информатике и маркетингу.

Учредитель — Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов при участии Международной академии минеральных ресурсов, Фонда им. академика В.И.Смирнова. Журнал печатается в типографии ЦНИГРИ.

Подписка на **2007 г.** производится через Роспечать и редакцию журнала. Периодичность — **6** номеров в год. Цена подписки на год **480 руб. без НДС**. Индекс по каталогу Роспечати **47 218**.

Адрес редакции: 117545, Москва, Варшавское шоссе, 129 корп. 1

Факс: (495) 313–18–18

E-mail: tsnigri@tsnigri.ru для журнала «Руды и металлы»

*Контактный телефон: 315–28–47, Назарова Наталия Исааковна
Вавилова Галина Васильевна*