

1-й экз.

# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



**Au**  
**Ag** **Co**  
**Zn** **Cu**  
**Sn** **Fe**  
**Pt** **Pb** **Ni**

**ЦНИГРИ** МНР России

Главный редактор  
И.Ф.Мигачёв



**1/2005**

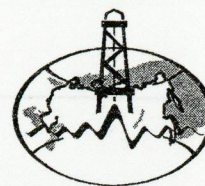
ISSN 0869-5997







# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



**1/2005**

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  
В.М.МИНАКОВ  
Н.И.НАЗАРОВА, зам. главного редактора  
Г.В.РУЧКИН



УЧРЕДИТЕЛЬ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ  
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ  
(ЦНИГРИ)

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

Москва ЦНИГРИ 2005

1-й экз.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА ЦНИГРИ



Редакция: Н.И.Назарова, Г.В.Вавилова

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

Сдано в набор 01.02.2005 г.

Подписано в печать 28.02.2005 г.

Тираж 400 экз.

Формат 60×88 1/8

Бумага офсетная № 1

Печать офсетная

Адрес редакции: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ

Телефон: 315-28-47

Факс: 313-18-18

E-mail [tsnigri@tsnigri.ru](mailto:tsnigri@tsnigri.ru)

Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»



<i>Трутнев Ю.П.</i> О долгосрочной государственной программе изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (2005–2010 гг. и до 2020 г.)	5	<i>Trutnev Yu.P.</i> On the long-term Federal Program of subsoil study and the Russian mineral base replacement on the basis of mineral consumption/replacement balance (2005–2010 through 2020)	5
<i>К семидесятилетию ЦНИГРИ</i>	13	<i>70th anniversary of TsNIGRI</i>	13
Проекты «Стратегических программ геологического изучения, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых Российской Федерации на период до 2010 г.»	17	Drafts of «Strategic programs of geological study, replacement and the Russian non-fuel mineral base use for the period up to 2010»	17
<i>Кривцов А.И.</i> Моделирование рудных месторождений — прикладное значение и геолого-генетические следствия. Обзор изданий ЦНИГРИ	20	<i>Krivtsov A.I.</i> Ore deposit modelling — applied significance and geogenetic consequences. Review of TsNIGRI publications	20
<i>Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Мигачев И.Ф.</i> Сбалансированное использование и воспроизводство минерально-сырьевой базы России в долгосрочной перспективе	32	<i>Krivtsov A.I., Benevolsky B.I., Migachev I.F.</i> Sustainable use and replacement of the Russian mineral base in the long term	32
<i>Михайлов Б.К., Вартамян С.С., Волчков А.Г.</i> Основные направления геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы золота на территории России за счет средств федерального бюджета на 2005 год	39	<i>Mikhailov B.K., Vartanyan S.S., Volchkov A.G.</i> Main directions of geological exploration to replace the gold mineral base within the territory of the Russian for 2005	39
<i>Константинов М.М., Ручкин Г.В.</i> Новые и нетрадиционные типы золоторудных месторождений	44	<i>Konstantinov M.M., Ruchkin G.V.</i> New and non-conventional types of gold deposits	44
<i>Голубев Ю.К., Ваганов В.И., Прусакова Н.А.</i> Принципы прогнозирования алмазоперспективных площадей на Восточно-Европейской платформе	55	<i>Golubev Yu.K., Vaganov V.I., Prusakova V.A.</i> Principles of forecasting for diamond prospects in the East European platform	55



Седельникова Г.В., Крылова Г.С., Ананьев П.П.  
Опыт применения магнитно-импульсной технологии для интенсификации процессов извлечения золота из руд и концентратов

71

Sedelnikova G.V., Krylova G.S., Ananyev P.P.  
Experience in magnetic pulse technology use to intensify processes of gold recovery from ores and concentrates

Поздравляем В.А.Ярмолюка с 90-летием

74

Congratulations on the 90th anniversary of V.A.Yarmolyuk



© Ю.П.Трутнев, 2004

## **О ДОЛГОСРОЧНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЕ ИЗУЧЕНИЯ НЕДР И ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОССИИ НА ОСНОВЕ БАЛАНСА ПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (2005–2010 ГГ. И ДО 2020 Г.)\***

**Ю.П.Трутнев, Министр природных ресурсов России**

Министерство природных ресурсов Российской Федерации разработало проект «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья до 2020 года» (далее — Программа).

Этот документ подготовлен в соответствии с утвержденными Правительством Российской Федерации в апреле 2003 г. «Основами государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования».

Необходимость принятия Программы вызвана тем, что в стране сегодня отсутствует долгосрочная стратегия развития минерально-сырьевого комплекса (МСК). Единственным документом, регламентирующим вопросы воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ), является соответствующая подпрограмма ФЦП «Экология и природные ресурсы России (2002–2010 годы)». Однако, учитывая длительность цикла от обнаружения перспективных площадей до открытия месторождений, а также понимая необходимость конкретизации мероприятий, рамки регулирования в этой сфере должны быть расширены до 2020 г.

В недрах России сосредоточены 30% мировых запасов природного газа, 50% алмазов, 25% запасов никеля, 17% олова, почти 10% запасов нефти. На территории страны обнаружены залежи практически всех известных человечеству полезных ископаемых. Соответственно Россия занимает лидирующие позиции и в сфере добычи основных видов полезных ископаемых, являясь крупнейшим производителем и экспортером продукции МСК. В 2004 г. объем производства в этом секторе экономики составит 150 млрд дол.

В 2003 г. доходы федерального бюджета составили 2,6 трлн р. При этом более 1,4 трлн р. пришлось на поступления от МСК, включая таможенные пошлины, налог на прибыль, налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ), НДС, дивиденды по акциям, находящимся в государственной собственности, доходы от реализации полезных ископаемых, исключительное право на реализацию которых принадлежит государству.

Необходимо отметить, что 70% российского экспорта приходится на МСК. В структуре ресурсного экспорта углеводородное сырье составляет 77%, остальное занимают твердые полезные ископаемые, среди которых наибольший доход приносят алюминий, никель, уран, платиноиды, железные руды.

Добыча сырья тянет за собой, как локомотив, еще и десятки смежных отраслей промышленности — например, горно-шахтное машиностроение, производство бурового и энергетического оборудования. Отрасль по переработке минерального сырья обеспечивает высокооплачиваемой работой сотни тысяч специалистов.

\* По материалам доклада на заседании Правительства России 11 ноября 2004 г. Перепечатано из журнала «Минеральные ресурсы России», 2004, № 5–6. Рисунки — см. цветную вкладку.



Хорошо это или плохо, но экономика страны в большой мере зависит от недропользования. Очевидно, быстро эта ситуация не изменится.

Говоря о распределении НДПИ по субъектам Российской Федерации (рис. 1), следует отметить, что практически все регионы России так или иначе связаны с добычей полезных ископаемых. В то же время более 70% НДПИ собирается в трех субъектах федерации — Ханты-Мансийском АО, Ямало-Ненецком АО и Республике Татарстан.

Добыча и переработка полезных ископаемых составляют основу экономики всех наиболее благополучных территорий Российской Федерации. В окраинных регионах добывающие предприятия являются градообразующими и обеспечивают до 75% рабочих мест. Нефть, природный газ, уголь, черные, цветные и благородные металлы, алмазы обеспечивают стабильную социально-экономическую обстановку в регионах севера европейской части России, на Урале, в Западной Сибири, регионах Кузбасса, Норильского промышленного узла, части субъектов Федерации Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Итак, значение бесперебойной работы предприятий МСК для экономики и социальной сферы страны очевидно. Но важным также является ответ на вопрос о том, насколько устойчиво сегодняшнее положение, когда не только устойчиво исполняется доходная часть бюджета, но и достигается его профицит.

К сожалению, к настоящему времени накоплено достаточное число проблем, которые в ближайшем будущем могут изменить кажущуюся благополучной ситуацию. К основным проблемам относятся, во-первых, неполная компенсация добычи приростом запасов и, во-вторых, сокращение поискового задела.

Необходимо также отметить, что инвестиционная привлекательность добычи зависит от целого ряда показателей, например удаленности от инфраструктуры, качества и количества сырья, глубины его залегания и т.д. В нераспределенном фонде в основном остались более сложные для эксплуатации и менее инвестиционно привлекательные запасы, которые малоинтересны для недропользователей.

Важно также то, что крупные месторождения полезных ископаемых, на которые приходится значительная часть экспорта и внутреннего потребления, находятся на стадии падающей добычи.

Иссякают запасы полезных ископаемых, в первую очередь нефти и газа Волго-Уральского и Западно-Сибирского регионов, россыпных месторождений золота и платины на Урале. Так, выработанность запасов основных нефтегазоносных провинций составляет на Северном Кавказе 70–80%, в регионах Урало-Поволжья — 50–70%, в Западной Сибири — свыше 45%. Ухудшились горно-технические условия отработки месторождений, снижаются средние содержания металлов, дебиты нефти упали с 26 т/сут в 80-х гг. до 8–10 т/сут к концу 2001 г.

Кроме того, использование даже существующей МСБ неэффективно. По-прежнему крайне низким остается уровень освоенности месторождений отдельных видов полезных ископаемых, которые Россия импортирует в значительном объеме. Эта проблема касается таких ископаемых, как марганцевые руды, титан, хром, ниобий, цирконий. У государства так и не появились средства для проведения доразведки месторождений этих полезных ископаемых и введения их в промышленный оборот.

Есть еще ряд проблем в недропользовании, которые также отрицательно влияют на состояние МСБ страны.

В первую очередь — это падение коэффициента извлечения нефти. Если в конце 80-х гг. он составлял 50%, то сегодня по экспертным оценкам не превышает 30%. С одной стороны, это вызвано старением крупных месторождений, ухудшением качества запасов. Однако налицо и другая причина — ослабление государственного контроля над рациональным использованием недр.

Следует оговориться, что данная Программа не снимет все поставленные вопросы, но, по сути дела, работа над решением этих проблем уже началась в новой редакции Закона РФ «О недрах».



Теперь о наиболее острых проблемах.

До 1992 г. объемы воспроизводства нефти и газа превышали добычу этих полезных ископаемых. Практически именно за счет советских вложений в геологию был создан задел для развития экономики сегодняшней России. В период с 1990 по 1995 гг. произошло резкое падение объемов воспроизводства, вызванное снижением объемов геолого-разведочных работ.

Фактически с конца 80-х гг. наблюдаются лавинообразное падение объемов поисково-разведочного бурения, сейсморазведочных работ и соответственно резкий спад прироста запасов.

За период с 1990 по 1996 гг. мы «потеряли» не только запасы полезных ископаемых, но и тысячи специалистов. Фактически были остановлены десятки геолого-разведочных экспедиций, предприятий, производивших оборудования для нужд отрасли.

Поэтому действительно государственной задачей являются восстановление утраченных ресурсов, подготовка новых кадров, размещение заказов на производство современного оборудования.

На рис. 2 представлены диаграммы, характеризующие долю распределенного фонда недр и время истощения рентабельных эксплуатируемых запасов.

Как видно, свыше 90% запасов нефти, никеля, алмазов, более 80% газа, более 70% золота и платиноидов находится в распределенном фонде.

Приближаются сроки полного истощения рентабельных эксплуатируемых запасов отдельных полезных ископаемых. Рентабельные запасы россыпного золота в стране иссякнут в 2011 г., нефти, урана, меди, коренного золота — в 2015 г.

Приведенные сроки истощения запасов на первый взгляд не вызывают большого беспокойства, так как мы отдалены от них на 10–15 лет.

В то же время специфика геологической подготовки месторождения такова, что, если продолжится пауза в воспроизводстве минерального сырья, впоследствии никакими финансовыми средствами не удастся быстро решить проблему дефицита полезных ископаемых.

Говоря о поисковом заделе, необходимо отметить, что по статистике только 30% прогнозных ресурсов при дальнейшем изучении становятся запасами. Таким образом, для поддержания простого воспроизводства, когда уровень добычи будет равен уровню ввода в эксплуатацию новых месторождений, необходимо, чтобы на каждую единицу запасов приходились 3 единицы ресурсов.

Существенное влияние на текущее состояние МСБ оказывает и монополизация отрасли (рис. 3). К сожалению, добыча некоторых полезных ископаемых, в том числе и стратегических, сконцентрирована в одной-двух компаниях, что ограничивает свободную конкуренцию в недропользовании. Основная добыча по более чем 10 видам полезных ископаемых в стране, в том числе газу, никелю, платиноидам, осуществляется только одним предприятием. 9 предприятий добывают 82% всей нефти, на долю двух компаний приходится добыча 100% алмазов, менее 10 компаний контролируют 100% добычи нефти.

Относительно благоприятной ситуацию можно назвать лишь в отношении угля и россыпного золота.

Очевидно, когда одна или две компании контролируют весь сырьевой рынок страны и при этом им переданы практически все разведанные запасы, надеяться на их инвестиции в развитие ресурсной базы, геолого-разведочные работы не приходится.

Основной целью Программы является обеспечение устойчивого развития экономики страны за счет сбалансированного воспроизводства и использования МСБ.

Соответственно первая задача реализации Программы — обеспечить простое воспроизводство полезных ископаемых, когда уровень добычи будет равен тому количеству минерального сырья, которое будет поставлено на баланс.

Во-вторых, ставится задача удовлетворить потребности базовых отраслей экономики страны в минеральном сырье.



Третья задача — сохранение стабильности бюджета и увеличение валютных поступлений за счет экспорта сырьевой продукции.

В основу Программы были заложены оценка состояния МСБ, показатели динамики использования и воспроизводства полезных ископаемых, прогнозы внутреннего потребления, а также объемы предполагаемого экспорта с учетом роста ВВП. Прогноз основан на материалах среднесрочных прогнозов МПР России, Минпромнауки России, РАН. Учтены результаты аналогичных работ Геологической службы и Министерства энергетики США, а также международных проектов, инициированных Всемирным банком развития и Европейской комиссией.

За основу при расчетах были приняты скорректированные показатели «Энергетической стратегии России на период до 2020 года» в части темпов добычи, объема экспорта, а также внутреннего потребления энергоносителей.

При разработке Программы учитывался баланс потребления и воспроизводства 37 видов минерального сырья в срок до 2025 г. Эти виды сырья являются основными, востребованными на внутреннем рынке и занимающими более 99% в структуре всего сырьевого экспорта.

Для того чтобы понять необходимость своевременного рассмотрения Программы, коротко остановимся на характеристике этапов геолого-разведочных работ.

Весь геологический цикл, от обнаружения перспективных площадей и открытия месторождений с приростом запасов до освоения месторождений, можно разделить на четыре этапа, при этом общая длительность работ может колебаться от 15 до 30 лет. Именно через столько лет мы получим эффект от вложения средств в виде поступления на рынок новой нефти или других полезных ископаемых.

Любой из этапов приращения МСБ, начиная от геологического изучения территорий, отработки поисковых маршрутов («исхаживания») вплоть до ввода месторождения в промышленную эксплуатацию, может затягиваться на десятилетия. Каждый из четырех основных этапов сопряжен со значительными рисками. Необходимо понимать, что и сам процесс геолого-разведочных работ является вероятностным — можно открыть новое Ковыктинское месторождение, а можно полностью разочароваться в перспективах территории на самом последнем этапе изучения.

Для понимания длительности всего геологического процесса можно привести пример известного Удоканского медного месторождения, которое выставляется на аукцион в 2005 г. Первый подсчет запасов на этом месторождении был проведен в 1953 г., и только спустя 50 лет оно стало полноценным рыночным объектом.

Первый этап геолого-разведочных работ — опережающие работы, включающие в себя дистанционное зондирование территории, аэрогеофизические съемки, параметрическое бурение, «исхаживание», сейсморазведочные работы. Эти мероприятия в объеме общих затрат на геолого-разведочные работы составляют не более 5%. Этап является наиболее рискованным с точки зрения получения положительного эффекта и во всех странах мира финансируется за счет государственного бюджета.

В результате реализации работ данного этапа определяются перспективные площади для проведения дальнейших поисков.

Второй этап — поиск конкретных месторождений. Комплекс работ включает в себя проходку «легких» горных выработок (шурфы, канавы), поисковое бурение, геохимические съемки, сейсморазведочные работы на нефть и газ.

В зависимости от степени инвестиционной привлекательности соответствующей провинции эти работы могут осуществляться как за счет средств федерального бюджета, так и за счет недоропользователей. Сегодня в России подавляющие объемы этих работ выполняют негосударственные компании.

На выходе определяются ресурсы и резервы для их оценки и разведки, после чего принимается решение о передаче участка в эксплуатацию.



Третий этап — оценка и разведка месторождений. Конечная цель этой части работ — прирост запасов и передача месторождения в промышленное освоение. Все виды работ, в том числе и подземные горные работы, бурение скважин, геофизические методы исследования, недропользователь выполняет за свой счет.

На выходе инвестор просчитывает предполагаемые затраты и принимает решение об инвестиционной привлекательности проекта.

Четвертый этап — собственно подготовка месторождения к эксплуатации и вывод его на промышленную добычу. Он включает в себя не только разработку ТЭО и утверждение проектов разработки месторождений, но и создание добычной инфраструктуры. В полной мере задействуется машиностроительная промышленность. Естественно, что финансирование также осуществляется недропользователем.

Этот этап, казалось бы, самый простой, однако, например, если брать в расчет Штокмановское или Приразломное месторождения углеводородов, и он может затянуться почти на 20 лет.

Именно в результате растянутости работ во времени мы не можем эффективно действовать в рамках федеральной целевой программы (ФЦП), рассчитанной всего лишь до 2010 г. Необходимо ликвидировать фактически 10-летнее отставание в геологических работах, которое было допущено в 90-х гг.

Важный вопрос — куда и на какие цели будут направлены основные усилия геологов, а также средства федерального бюджета.

Разработанная Программа включает в себя пообъектное распределение средств до 2010 г. в рамках существующей ФЦП, а с 2010 г. — определение приоритетных территорий для геолого-разведочной деятельности.

Программа предусматривает, в частности, проведение за счет федеральных средств дистанционных космоаэрогеофизических исследований, наземных геолого-геофизических работ, включая сейсморазведку 2D и 3D, геохимических работ, параметрического бурения на нефть и газ.

По каждой из задач в Программе указаны конкретные пути решения — определены объекты для вложения средств, территории, куда они будут направлены, необходимые научные разработки.

В Программе выделены приоритетные субъекты Российской Федерации по изучению и воспроизводству МСБ (рис. 4, 5), которые выбирались исходя из перспективности конкретных бассейнов и провинций на наличие ликвидных полезных ископаемых. При выборе территорий в расчет брались наиболее перспективные нефтегазоносные и металлогенические зоны Российской Федерации.

По нефти и газу — это Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Тимано-Печорский бассейн, шельф.

По урану — Дальневосточный и Сибирский федеральные округа.

По золоту приоритетными регионами являются те же территории плюс некоторые субъекты Федерации Южного федерального округа.

По алмазам основные надежды связываются с Северо-Западом России и Восточной Сибирью.

Но реализация всех программных мероприятий невозможна без научно-технического перевооружения профильных институтов и исследовательских центров страны.

Например, более качественная оценка месторождений, находящихся в нераспределенном фонде, внедрение новых поисковых методов на изученных территориях или другие инновации невозможны без возрождения российской геологической науки.

В советское время наша геологическая школа считалась одной из самых сильных в мире. Поэтому российские специалисты и сегодня востребованы в любой добывающей или поисковой компании.

Однако мир не стоит на месте, в геологоразведке появляются новые технологии, позволяющие более детально изучать перспективные районы. Новые методы изучения полезных ископа-



емых дают возможность выбора схемы добычи, позволяющей вести разработку даже низкорентабельных месторождений.

В Программе предусмотрены средства на научно-методическое опережение и обеспечение всех программных мероприятий.

Сколько стоит предлагаемая МПР России Программа?

Сегодня финансирование всех геологических мероприятий происходит в рамках ФЦП «Экология и природные ресурсы России (2002—2010 годы)».

На 2005 г. в этой ФЦП выделено 11,1 млрд р. При этом собственно на воспроизводство МСБ отпущено 7,7 млрд р., что более чем в 2 раза отличается от уровня, достигнутого в 1985 г. Остальная часть средств (3,4 млрд р.) будет направлена на создание геологических основ природо- и недропользования, мониторинг геологической среды, прогноз землетрясений, обеспечение работы уникальных скважин и решение других долгосрочных задач.

К рассмотрению предлагается два варианта финансирования долгосрочной программы (рис. 6, 7, 8).

Первый вариант — «инерционный», рассчитанный до 2010 г. в рамках текущего финансирования ФЦП. Соответственно он разбивается на два этапа: первый — до 2010 г., когда объем ежегодного финансирования восстановления МСБ должен быть доведен до 10,7 млрд р., и второй — на 2010–2020 гг., где предлагается предусмотреть увеличение ежегодного финансирования и доведение его до отметки в 12,7 млрд р.

При этом было необходимо выполнить распоряжение Правительства РФ и подготовить данный вариант, основываясь на объемах финансирования, предусмотренных действующей ФЦП. В то же время надо отметить, что исходя из «инерционного» варианта МПР России не сможет решить задачи, поставленные перед ведомством Президентом и Правительством РФ. Прежде всего не решается проблема полной компенсации добычи приростом полезных ископаемых. Трудно также говорить и о доразведке нефтяных и газовых месторождений на российском шельфе.

Второй вариант — «перспективный». Для его реализации необходимо в срок до 2010 г. довести ежегодное финансирование геолого-разведочных работ до 16,5 млрд р., а к 2020 г. — до 20,5 млрд р. В случае реализации этого варианта предполагается достижение равновесия между добычей и приростом полезных ископаемых.

Для того чтобы понять, много это или мало, сравним показатели финансирования геолого-разведочных работ в России и других развитых странах.

Так, в Канаде, Австралии, США, Бразилии, ЮАР и других странах правительства тратят на геолого-разведочные работы всех стадий 5–8% от стоимости произведенной продукции. В России объем производства минерального сырья в 2003 г. составил 150 млрд дол., а затраты госбюджета на восстановление МСБ — всего лишь 0,2%.

В случае принятия «инерционного» варианта, финансирование геолого-разведочных работ останется практически в том же объеме с перспективой его увеличения до 0,4%. «Перспективный» этап обойдется бюджету всего лишь в 0,6–0,7% от текущего объема производства МСК. Фактически, к 2010 г. объем финансирования по данному варианту может быть доведен до 5% от собираемого НДПИ и в таком размере сохранится вплоть до 2020 г.

За 15 лет действия Программы всего в российскую геологоразведку предстоит вложить по «инерционному» варианту 176 млрд р., по «перспективному» — 255 млрд р.

При этом на каждый вложенный государством в геологию рубль приходится 10 р. привлеченных инвестиций.

Таким образом, вместе со средствами недропользователей всего геология страны за 15 лет в случае реализации первого варианта получит 1,6 трлн р. инвестиций, по второму — 2,3 трлн р.

В случае реализации «перспективного» варианта только к 2020 г. можно будет достигнуть уровня инвестиций в геологоразведку, которые Россия тратила на воспроизводство МСБ в начале 80-х гг. В «инерционном» варианте этот уровень практически недостижим.



При этом видно, что вложения недропользователей составят львиную долю в общих затратах на воспроизводство МСБ.

Затраты собственно федерального бюджета на реализацию программных мероприятий выглядят следующим образом.

При реализации первого варианта 56% средств будет направлено на работы поисковые и поисково-оценочные, еще 38% — на опережающие прогнозно-минерагенические работы.

При реализации «перспективного» варианта собственно на оценку и разведку месторождений можно будет направить не менее 40 млрд р.

Что это даст? Сейчас на государственном балансе находятся десятки месторождений, в первую очередь цветных и благородных металлов, которые на первый взгляд являются малопривлекательными для инвесторов в силу низкого качества запасов, значительной глубины их залегания или труднодоступности. Однако в случае проведения доразведки и выделения более детально изученных запасов на меньших территориях эти месторождения смогут представить серьезный интерес для инвесторов.

Теперь о том, на поиски каких полезных ископаемых будут направлены средства.

Естественно, при их выборе в первую очередь учитывались наличие перспективных площадей и экономическая целесообразность добычи того или иного минерального сырья. Более 70% средств будет направлено на воспроизводство углеводородного сырья, примерно 15% — на благородные металлы, остальное — на другие виды полезных ископаемых.

При этом на разведку шельфа будет направлено 20% средств, в Сибирский федеральный округ (т.е. в освоение Восточной Сибири) — 34%, в Уральский — 18%; значительные инвестиции также предусмотрены для Дальневосточного и Северо-Западного округов.

Следует подчеркнуть, что востребованность тех или иных месторождений полезных ископаемых зависит от наличия инфраструктуры. Вопрос ее развития не рассматривается в контексте представленной Программы. Тем не менее необходимо отметить, что зачастую выявленные месторождения влекут за собой строительство новой инфраструктуры, обустройство огромных территорий.

В случае реализации «инерционного» варианта по таким важнейшим полезным ископаемым, как нефть, никель, платина, цинк, нельзя будет удерживать текущий уровень запасов. Ожидать увеличения запасов можно лишь по апатитам, коренному золоту, калийным солям, алмазам и урану.

«Перспективный» вариант соответственно позволяет к 2020 г. выйти на уровень запасов 2003 г.

На примере таких полезных ископаемых, как нефть, золото россыпное и коренное, видно, что без вложения средств в геологоразведку запасов стратегических полезных ископаемых (рис. 9, 10) к 2020 г. практически не останется. Более благоприятна лишь ситуация с газом, остаточные запасы которого на данный момент весьма существенны. В случае реализации «перспективного» варианта по всем полезным ископаемым можно будет удерживать и даже улучшить текущую обеспеченность.

Какие результаты будут получены в ходе реализации всех мероприятий Программы?

Собственно предусмотренные в Программе геолого-разведочные работы обеспечивают прирост ценности недр России, эквивалентный 152 трлн р. при эффективности геолого-разведочных работ в 70–100 р. на 1 р. затрат, а также рост эффективности привлечения внебюджетных источников (10 р. на 1 р. вложений из федерального бюджета).

Однако даже это не главное.

Во-первых, в результате реализации Программы будет создана надежная база для устойчивого развития Российской Федерации.

Во-вторых, обеспечивается стабильность бюджетных поступлений от добычи и реализации минерального сырья.



В-третьих, вложенные в геолого-разведочную деятельность средства будут способствовать созданию новых рабочих мест в труднодоступных регионах страны и новых перерабатывающих мощностей, развитию машиностроения, созданию новых технологий. Федеральное финансирование разведочных и добычных работ, улучшение территориального размещения добывающих предприятий, их обеспечение запасами полезных ископаемых позволят создать 250–300 тыс. новых рабочих мест.

Реализация планируемых работ позволит увеличить поисково-разведочный задел, что обеспечит необходимый уровень прироста запасов полезных ископаемых, достижение оптимального соотношения между приростом запасов и добычей полезных ископаемых и в конечном счете повысит обеспеченность экономики страны основными видами минерально-сырьевых ресурсов.

Главное же состоит в том, что, реализация Программы позволит уйти от ситуации «проедания» запасов, накопленных в советское время, и создать устойчивую базу для экономического развития страны и обеспечения достойной жизни будущих поколений.



## К СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЮ ЦНИГРИ

В марте 1935 г. по инициативе выдающегося общественного деятеля и руководителя золото-платиновой промышленности страны, начальника «Главзолото» СССР А.П.Серебровского был создан научно-исследовательский геологоразведочный институт золотой промышленности (НИГРИ) на правах отдела треста «Золоторазведка». Задачи НИГРИ — систематическое и всестороннее изучение месторождений золота, научное обоснование направлений поисковых и разведочных работ и детальных исследований по геологии, геофизике и разведке месторождений золота. Первым его директором стал профессор Николай Николаевич Горностаев. С января 1936 г. институт был выделен из треста в самостоятельную хозрасчетную единицу — НИГРИЗолото.

В 1965 г. институт вошел в систему Министерства геологии СССР, а в 1972 г. постановлением ГКНТ СССР он был переименован в Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) и определен головной организацией Мингео СССР по золоту, серебру, платине, меди, свинцу, цинку, никелю, кобальту и алмазам. В 1999 г. получил статус Федерального государственного унитарного предприятия — ФГУП «ЦНИГРИ» МПР России.

В течение 70 лет коллектив института активно участвует в решении всех важнейших проблем развития и расширения отечественной минерально-сырьевой базы. За это время ученые ЦНИГРИ внесли значительный вклад в развитие фундаментальных знаний об условиях образования и закономерностях размещения месторождений алмазов, благородных и цветных металлов, создали научные основы прогноза, поисков и разведки месторождений, разработали и реализовали прогрессивные технологии прогнозно-поисковых работ, развили методологию и методы построения количественных геолого-генетических, прогнозно-поисковых и некоторых других моделей месторождений цветных и благородных металлов. Важные достижения получены в области развития отечественной минерально-сырьевой базы и разработки ее геолого-экономических основ, комплексного минералоготехнологического изучения и переработки минерального сырья, а также технического обеспечения геологоразведочных работ. Серия разработок по оптимизации технологии различных стадий геологоразведочных работ и по геолого-промышленным типам месторождений алмазов, цветных и благородных металлов была удостоена премии Министерства геологии СССР.

В институте выросла плеяда выдающихся ученых, возглавивших основные направления научных школ в областях: металлогения, прогноз, поиски, оценка и разведка месторождений полезных ископаемых; геофизика, техника и технология. Их участие в освоении природных богатств нашей страны обеспечивало насущные потребности комплексного, оптимально полного выявления и использования минеральных ресурсов, обогащало фундаментальную геологическую науку в сфере рудно-формационного анализа, генезиса рудных месторождений и создания их моделей, геолого-экономической оценки месторождений и технологии переработки руд.

В свои семьдесят лет ЦНИГРИ — ведущий институт геологической отрасли, в котором трудятся 18 докторов и 110 кандидатов наук.

Значителен вклад ЦНИГРИ в подготовку геологических кадров высшей квалификации, сохранение и развитие отечественной геологической науки, практическую реализацию ее достижений. С 1967 г. на Ученом совете ЦНИГРИ защищено 268 диссертаций, из них 38 — докторских и 230 — кандидатских. Более трети диссертаций представляли сотрудники других организаций, в том числе и производственных. Значительный вклад в подготовку научных кадров высшей квалификации внесен признанными лидерами следующих научных школ.

*Прикладная металлогения, модели рудообразующих систем и месторождений:* Горжевский Давид Иосифович, Кривцов Анатолий Иванович, Курбанов Намик Курбанович, Мигачев Игорь Федорович, Ручкин Георгий Владимирович, Фогельман Наталья Александровна, Шер Сергей Дмитриевич, Яковлев Лев Ильич.



*Прогноз, поиски и оценка месторождений благородных и цветных металлов:* Бородаевская Мария Борисовна, Бородаевский Николай Иванович, Вартанян Сергей Серопович, Воларович Георгий Павлович, Годлевский Михаил Николаевич, Иванкин Петр Филиппович, Кашин Степан Александрович, Константинов Михаил Михайлович, Нарсеев Валерий Александрович, Щепотьев Юрий Михайлович.

*Прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов:* Ваганов Валерий Иванович, Зинчук Николай Николаевич, Каминский Феликс Витольдович, Прокопчук Богдан Иванович, Рожков Иван Сергеевич, Трофимов Владимир Сергеевич, Францессон Елена Владимировна.

*Экзогенная золотоносность:* Казакевич Юлия Петровна, Мирчинк Софья Георгиевна, Риндзюнская Наталья Михайловна, Синюгина Елена Яковлевна, Флеров Игорь Борисович, Шевцов Тимофей Павлович.

*Разведка, подсчет запасов и геолого-экономическая оценка:* Беневольский Борис Игоревич, Божинский Андрей Петрович, Иванов Владимир Николаевич, Каллистов Петр Леонидович, Камышев Юрий Иванович, Карпенко Игорь Алексеевич, Куторгин Владимир Ильич, Минорин Виктор Евгеньевич, Натоцинский Владимир Исаевич, Просняков Михаил Павлович, Самонов Иван Захарович, Стефанович Василий Васильевич.

*Генетическая и прикладная минералогия:* Амосов Роман Африканович, Бернштейн Павел Самойлович, Николаева Лидия Александровна, Новиков Владимир Алексеевич, Петровская Нина Васильевна, Румянцев Герман Сергеевич.

*Аналитические исследования пород и руд:* Заири Нафик Манафович, Маркова Нина Викторовна, Раковский Элемир Евгеньевич, Ферьянчик Феликс Андреевич, Фишкова Нина Львовна.

*Обогащение минерального сырья:* Берлинский Александр Ильич, Зеленев Василий Иванович, Клименко Наталья Григорьевна, Лопатин Александр Григорьевич, Никулин Александр Иванович, Романчук Александр Ильич, Савари Евгений Андреевич, Седельникова Галина Васильевна.

*Геофизические методы и аппаратура:* Векслер Владимир Ильич, Ершов Евгений Михайлович, Петровский Алексей Давидович, Постельников Андрей Федорович, Пятницкий Виталий Израилович, Светов Борис Сергеевич, Седова Вера Ивановна, Фельдман Анатолий Ансович.

*Техника и технология горно-разведочных и буровых работ, охрана труда:* Александров Николай Николаевич, Засухин Игорь Николаевич, Кренделев Вениамин Петрович, Луневский Петр Дмитриевич, Макаров Борис Петрович, Минаков Виктор Михайлович, Сипягин Владимир Александрович, Смирнов Юрий Тимофеевич, Хорев Виктор Александрович.

С 1976 г. в СССР и РФ было выявлено более 460 месторождений золота. Сотрудники ЦНИГРИ участвовали в оценке и разведке 360 из них, по меди соответственно в 257 из 307, по свинцу и цинку в 103 из 151, по серебру в 52 из 64. Личный вклад многих сотрудников института в эти и другие работы общегосударственной значимости отмечен рядом наград. Среди сотрудников института 18 лауреатов Государственной премии, 25 лауреатов премии Совмина СССР и Правительства Российской Федерации, 10 лауреатов премии Мингео СССР, 15 первооткрывателей месторождений, 11 заслуженных деятелей науки и заслуженных геологов России, 35 почетных разведчиков недр, 159 отличников разведки недр, 23 действительных члена и члена-корреспондента российских общественных академий, 10 членов международных ассоциаций и зарубежных геологических обществ. 49 человек награждены орденами и медалями.

Инициированное ЦНИГРИ создание научно-производственных групп повысило эффективность ГРР, выполнявшихся Мингео СССР, ускорило оценку, разведку и подсчет запасов многих месторождений. Продолжая традиции тесных связей науки с производством в наши дни, ЦНИГРИ возглавляет научно-методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в Российской Федерации. Этому способствуют актуализированная система стадийности геологоразведочных работ и классификации ресурсов и запасов минерального сырья, создание методических руководств по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов, отвечающих современным условиям недропользования.

Научно-методические разработки ЦНИГРИ инновационного характера востребованы многими предприятиями; среди деловых партнеров института ОАО «Норильский никель», АК «Алроса»,



ГУГПП «Янгеология», ГУПП «Верхне-Индибирская экспедиция», ООО «Станнолит», администрации субъектов Российской Федерации, зарубежные фирмы Tri-Valley Corp., BHP (США), ADARO (Испания), INPPA (Чили), государственные геологические службы зарубежных стран.

Научная и прикладная продукция ЦНИГРИ постоянно демонстрируется на российских и международных выставках, его экспозиции отмечены 12 дипломами и 9 медалями. Разработки института были представлены на выставках Геоэкспо, сопровождавших XXXI и XXXII сессии Международного геологического конгресса, на выставках «Золото России» (ежегодно с 1998 г.), на международных выставках в Мюнхене, Кёльне, Дюссельдорфе, Оттаве, Торонто, на ряде крупных отечественных форумов. За последние пять лет ЦНИГРИ был экспонентом 18 зарубежных и 10 отечественных выставок.

Информационные ресурсы, накапливаемые с 1935 г., сосредоточены в геологических фондах и научно-технической библиотеке института. Их общий объем превышает 200 000 единиц хранения. Отчеты о научно-исследовательских работах, книги, журналы и карты по всему спектру деятельности института позволяют в короткие сроки найти любую необходимую информацию. В последнее десятилетие используется электронная форма хранения информационных ресурсов в виде цифровых карт и банков данных, дающая возможность собирать значительные объемы информации и осуществлять к ней оперативный доступ. Создан уникальный банк данных по месторождениям алмазов, благородных и цветных металлов. Общее количество банков данных превышает 60, количество записей в них — более 10 миллионов.

Музей «Руды благородных, цветных металлов и алмазов» располагает коллекцией пород, руд и минералов, систематизированных по геолого-промышленным типам около 500 месторождений золота, серебра, платины, цветных металлов и алмазов Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья. Каменный материал (30 000 экспонатов) — образцы руд, штуфы, пробы, брикеты, прозрачные и полированные шлифы — подробно характеризует рудные и околорудные зоны месторождений. Созданы эталонные коллекции типовых образцов руд и вмещающих пород по 23 крупным месторождениям золота, серебра, меди, никеля, свинца, цинка и алмазов. Они сопровождаются геологическими планами и разрезами, прозрачными и полированными шлифами с подробным их описанием, текстовыми материалами по геологическому строению и вещественному составу руд.

Передовые разработки ЦНИГРИ оперативно публикуются в журналах «Отечественная геология» и «Руды и металлы». С 1985 г. ЦНИГРИ издал 186 научно-методических и монографических работ, из них 50 приходится на последние четыре года. Научно-техническая продукция, созданная в 2000–2004 гг., включает 230 наименований. За эти же годы сотрудниками института опубликовано 540 статей в ведущих изданиях России и за рубежом.

В преддверии семидесятилетия ЦНИГРИ в институте завершено создание серии моделей месторождений алмазов, благородных и цветных металлов, которые составляют основу инновационных прогнозно-поисковых технологий и получили прикладное отражение в ряде методических руководств по оценке прогнозных ресурсов, а в дальнейшем будут использованы при разработке соответствующих прогнозно-поисковых комплексов и экспертизе проектов ГРП. Немаловажное значение имеют геолого-генетические построения, вытекающие из системы моделей.

За последние 5–7 лет в ЦНИГРИ возникли и интенсивно ведутся исследования по оптимизации системы управления использованием и развитием минерально-сырьевой базы в новых социально-экономических условиях России с учетом мирового опыта, общемировых процессов глобализации и идей будущего сбалансированного развития человечества. К рубежу веков ведущими специалистами на основе мониторинга отечественных и мировых МСБ были разработаны многовариантные сценарии прогноза потребления и воспроизводства ведущих полезных ископаемых до 2025 г.

В 2000 г. была издана работа «Национальная минерально-сырьевая безопасность», основные положения которой вошли в доклад МПР России, представленный в Совет безопасности Российской Федерации в 2001 г.

Разработки ЦНИГРИ были широко использованы Межведомственной рабочей группой МПР России при подготовке проектов «Концепции обеспечения минерально-сырьевой безопасности России в условиях глобализации» и «Доктрины минерально-сырьевого обеспечения устойчивого соци-



сии в условиях глобализации» и «Доктрины минерально-сырьевого обеспечения устойчивого социально-экономического развития России». Базовые положения этих документов отражены в «Основах государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования», утвержденных Правительством России в апреле 2003 г.

В рамках реализации мероприятий, предусмотренных «Основами государственной политики...», МПР России в 2003 г. поручило ведущим НИИ разработку проектов «Стратегических программ геологического изучения, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы Российской Федерации на период до 2020 г.» по 33 видам полезных ископаемых с возложением на ЦНИГРИ функций организации-координатора. Эти проекты были одобрены НТС Госгеолслужбы в феврале 2004 г.

В сентябре–октябре 2004 г. ЦНИГРИ как организация-координатор совместно с ведущими отраслевыми НИИ выполнил работы по подготовке проекта «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (2005–2010 гг. и до 2020 г.)», охватившие 37 видов полезных ископаемых (включая ТЭС). После рассмотрения проекта программы коллегией МПР России он был доложен Министром природных ресурсов России Ю.П. Трутневым на заседании Правительства в ноябре 2004 г. и в целом одобрен.

За последние пять лет деятельность ЦНИГРИ получила значительное общественное признание. В частности, в 2001 г. работа «Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации — комплект карт» (авторы Ю.М. Дауев, М.М. Константинов, В.И. Кочнев-Первухов, А.И. Кривцов, В.В. Кузнецов, Е.В. Матвеева, И.Ф. Мигачев, О.С. Набровенков, Л.А. Николаева, В.Н. Новиков, Н.М. Риндзюнская, Г.В. Ручкин, Е.А. Черемисина, С.В. Яблокова, Б.А. Яцкевич) была удостоена премии Правительства России. Работа «Национальная минерально-сырьевая безопасность» удостоена премии им. А.Н. Косыгина и диплома Российского геологического общества. В 2003 г. журнал «Отечественная геология» был отмечен Почетным знаком РАЕН за заслуги в развитии науки и экономики страны. Семь сотрудников ЦНИГРИ стали Почетными разведчиками недр, а два — были награждены орденами Почета. Многие сотрудники ЦНИГРИ получили звание лауреата премии им. М.Б. и Н.И. Бородаевских, которая была учреждена дирекцией института в память об этих выдающихся ученых.

За свою многолетнюю историю ЦНИГРИ создал, постоянно реализует и совершенствует систему организации и исполнения НИОКР по циклу: опережение (научный поиск) — научно-методическое обеспечение — методическое сопровождение и обслуживание ГРР. Эффективность реализации этого цикла во многом определяется инициативными опережающими разработками как предшествующих, так и последних лет (по внутренним планам института). Созданные в ЦНИГРИ интеллектуальная собственность, мощные информационные ресурсы, высокий организационно-научный потенциал служат гарантией его эффективной деятельности и востребованности научно-технических достижений в последующие годы.

*Редколлегия журнала «Отечественная геология»*

*Редколлегия журнала «Руды и металлы»*



## **ПРОЕКТЫ «СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ, ВОСПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД ДО 2010 Г.»**

Проекты стратегических программ (СП) геологического изучения, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых (ТПИ) Российской Федерации на период до 2010 г. по распоряжению МПР России № 43-р от 05.02.03 г. были разработаны в 2003 г. научно-исследовательскими институтами Геологической службы МПР России. Организация-координатор — ЦНИГРИ, организации-соисполнители — ВИМС, ВИЭМС, ИМГРЭ, ЦНИИГеолнеруд. Творческий коллектив основных исполнителей объединил усилия более 50 ведущих ученых Госгеолслужбы, обладающих многолетним опытом работ в системе управления созданием и развитием МСБ.

Проекты стратегических программ, одобренные НТС Госгеолслужбы в феврале 2004 г., включают ГРР по 33 полезным ископаемым. В соответствии с упомянутым распоряжением МПР России они сгруппированы в восемь программ — «Алмазы России», «Золото России», «Платина России», «Никель России», «Металлургическое сырье России», «Горнохимическое и горнотехническое сырье России», «Агрохимическое сырье России», «Нерудное металлургическое сырье России».

Программа «Металлургическое сырье России» объединяет подпрограммы «Черные металлы» (разделы «Железные руды», «Марганцевые руды», «Титан», «Хромовые руды»), «Цветные металлы» (разделы «Медь», «Свинец», «Цинк», «Олово», «Бокситы»), «Легирующие металлы» (разделы «Молибден», «Вольфрам», «Тантал», «Ванадий», «Цирконий»).

В программу «Горнохимическое и горнотехническое сырье России» входят разделы «Барит», «Бентонит», «Натриевые соли», «Самородная сера», «Борные руды», «Кварцевое сырье»; в программу «Агрохимическое сырье России» — разделы «Калийные соли», «Фосфатное сырье»; в программу «Нерудное металлургическое сырье России» — разделы «Плавиковый шпат», «Магнезит», «Брусьит», «Графит», «Высокоглиноземное сырье». Комплекту программ предшествует раздел «Сводные показатели». Все программы и подпрограммы, состоящие из самостоятельных разделов по каждому полезному ископаемому, включают также сводные разделы.

Проекты СП конкретизируют применительно к

отдельным полезным ископаемым и их группам систему мероприятий подпрограммы «Минерально-сырьевые ресурсы» Федеральной целевой программы «Экология и природные ресурсы России (2002–2010 гг.)». Стратегические программы направлены на достижение целей «Основ государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования», утвержденных распоряжением Правительства Российской Федерации 21 апреля 2003 г. (№ 494-р), в частности, на укрепление и расширение минерально-сырьевых баз действующих предприятий, получение прироста запасов на новых объектах, на локализацию ресурсной базы для расширения ликвидного фонда недропользования и получение приростов запасов после 2010 г., на выявление новых и альтернативных минерально-сырьевых баз для перспективного развития страны, в том числе и в целях создания фонда будущих поколений.

Стратегические программы основаны на итогах анализа состояния металлогенической и поисковой изученности территории Российской Федерации и на результатах переоценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых по состоянию на 01.01.03 г. Соответственно, для целей СП на территории России выделены потенциально перспективные регионы, перспективные металлогенические (минерагенические) зоны и площади таких зон с оцененными прогнозными ресурсами (категории  $P_3$ ,  $P_2$ ,  $P_1$ ). Проанализирована сложившаяся структура прогнозных ресурсов и определена доля в них «поискового задела» — активных прогнозных ресурсов категории  $P_1$ .

Перечни перспективных объектов с оцененными прогнозными ресурсами, сгруппированных по приоритетности постановки ГРР, прошли согласование с территориальными органами управления МПР России, а также с основными недропользователями и легли в основу мероприятий СП.

При разработке программ проведен анализ структуры ранее выявленных запасов, дана оценка их возможной ликвидности, эффективности и темпов использования имеющейся минерально-сырьевой базы основными недропользователями и результативности геологоразведочных работ, выполненных за последние годы.



Прогнозные ресурсы всех категорий, приведенные к условной категории  $C_2$ , и активные прогнозные ресурсы категории  $P_1$  сопоставлены с современным состоянием запасов, что позволяет объективно оценить возможности воспроизводства минерально-сырьевой базы каждого из полезных ископаемых, включенных в СП, и определить направления развития ресурсной базы.

Для всех видов минерального сырья показаны основные сферы применения и оценены перспективные тенденции их добычи и потребления. В СП рассмотрен вклад России в мировые запасы и добычу соответствующих видов ТПИ, сопоставлены отечественные и мировые темпы воспроизводства запасов, добычи и потребления минерального сырья, оценена обеспеченность мировой добычи зарубежными запасами в сопоставлении с отечественной обеспеченностью. Проанализированы уровни производства и потребления ТПИ на душу населения России. Оценено состояние отечественного баланса потребления, экспорта и импорта основных видов минерального сырья, показан их вклад в ВВП России.

Объемы и темпы воспроизводства запасов и показатели ресурсной базы, определяющие виды и объемы работ, предусмотренных СП, учитывают результаты ретроспективного анализа динамики соответствующих показателей и определены на перспективу на основе значений макроэкономических показателей «Энергетической стратегии России», разработок по прогнозу социально-экономического развития России на 2004 г. и на период до 2006 г., а также перспективных оценок отечественных балансов производства и потребления, разработанных в 2003 г. Минпромнауки России.

Темпы роста производства и потребления основных видов минерального сырья сопоставлены с темпами увеличения национального ВВП, его энергоемкости, внутреннего энергопотребления и развития соответствующих отраслей отечественной промышленности. На этой основе с учетом производственных мощностей добывающих предприятий и их обеспеченности запасами определены допустимые (оптимальные) темпы воспроизводства запасов минерального сырья до 2025 г. и возможности достижения компенсации их погашения до 2010 г. Для всех ТПИ определены расчетные уровни добычи на 2010 и 2025 гг., оценена соответствующая убыль исходных запасов и рассчитаны сроки исчерпания рентабельных эксплуатируемых запасов и всех учтенных. Дана объективная оценка состояния отечественной ресурсной базы ТПИ и определены цели и задачи мероприятий «Стратегических программ...».

Для ресурсной базы большинства ТПИ, включенных в СП, характерно следующее:

инертность (избыточность) основной массы прогнозных ресурсов категории  $P_3$ , практически не вовлекавшейся за последние 10–15 лет в освоение с целью получения прироста запасов;

дефицит активных прогнозных ресурсов категории  $P_1$ , отражающих состояние и доступность поискового задела, который должен служить резервом для получения приростов запасов в ближней перспективе;

низкие уровни получения приростов запасов многих ТПИ за последние годы, не обеспечивающие компенсацию погашения запасов (простое воспроизводство), в первую очередь на крупных месторождениях, где горнодобывающие предприятия обладают высокой обеспеченностью текущей добычи ранее выявленными запасами;

ограниченность резерва объектов, подготовленных для постановки разведочных работ с целью получения прироста запасов в ближайшие годы;

ограниченность доли эксплуатируемых рентабельных запасов в общей их учтенной массе и близость исчерпания этой доли для ряда важнейших ТПИ;

высокая степень вовлечения в лицензионное недропользование потенциально ликвидной части ранее выявленных запасов при низких темпах освоения распределенного фонда недропользования — в первую очередь неэксплуатируемых месторождений;

интенсивная и практически не восполняемая в короткие сроки убыль ресурсной базы россыпных месторождений благородных металлов.

Для достижения целей, определенных «Основами государственной политики...» в области отечественного минерально-сырьевого обеспечения, стратегическими программами предусмотрено решение следующих основных задач:

повышение уровня компенсации погашения запасов их приростом на новых и известных месторождениях;

проведение оценочных работ на объектах с активными прогнозными ресурсами категории  $P_1$  для расширения фонда лицензионного недропользования и получения прироста запасов;

локализация ранее выявленной ресурсной базы с увеличением активных прогнозных ресурсов категории  $P_1$  при проведении поисковых и оценочных работ с целью создания резерва для прироста запасов в 2010–2015 гг.;

выявление альтернативных минерально-сырьевых баз в новых регионах, в том числе и за счет обнаружения месторождений новых и нетрадицион-



ных типов при целевых рекогносцировочных поисках и прогнозно-металлогенических работах.

Проектами СП предусматривается комплекс работ по научному опережению, научно-методическому, аналитико-технологическому и информационному обеспечению и сопровождению.

Мероприятия, предусмотренные СП, реализуются как в традиционных горнопромышленных районах с целью стабилизации занятости населения, так и в регионах, не обладающих должной инфраструктурой (включая и зоны особых геополитических интересов страны), с целью укрепления национального присутствия и создания новых рабочих мест.

Инвестиционное обеспечение мероприятий СП учитывает реально существующую необходимость принятия рисков ГРР ранних стадий на федеральный бюджет, заинтересованность субъектов Российской Федерации в поддержке горнодобывающих предприятий, а также уже сложившуюся систему внебюджетного финансирования работ по выявлению и освоению запасов высоколиквидных видов минерального сырья на объектах, предлицензионная подготовка которых выполнена за счет федеральных средств.

Уровни затрат на реализацию мероприятий СП определены из показателей Федеральной целевой программы «Экология и природные ресурсы России» и реального финансирования ГРР в 2003 г., включая сложившиеся пропорции между видами полезных ископаемых и между тремя указанными выше источниками инвестиций.

Мероприятия, предусмотренные СП, реализуются через годовые программы и планы ГРР, а также программы лицензирования объектов недропользования, охватывающие территории соответствующих субъектов Российской Федерации. Исполнители работ по реализации мероприятий программы определяются в соответствии с законодательными нормами России.

Результативность ГРР, предусмотренных программами, оценивается по следующим основным показателям:

воспроизводство погашенных запасов — коэффициенты компенсации добычи приростом запасов; состояние «поискового задела» — активных прогнозных ресурсов категории  $P_1$ ;

состояние всех прогнозных ресурсов в пересчете на условную категорию  $C_2$ ;

доля активных прогнозных ресурсов категории  $P_1$  и всех прогнозных ресурсов в ресурсной базе (отношение к запасам категории  $ABC_1C_2$ ).

Экономическая эффективность ГРР, предусмотренных СП, оценена через отношение затрат на реализацию программных мероприятий к валовой стоимости минерального сырья, добытого к 2010 г., через условную ценность ожидаемых к 2010 г. запасов и ресурсов, отнесенную к затратам на ГРР по программе.

Социально-экономические эффекты от реализации СП определяются из роста вклада горнодобывающей промышленности в отечественный ВВП, увеличения базы налогообложения, сохранения и повышения уровня занятости населения в традиционных и новых горнодобывающих регионах страны.

Реализация мероприятий, предусмотренных СП, обеспечивает дальнейшее развитие инфраструктуры России, укрепление национального присутствия в отдаленных регионах и защиту отечественных геополитических интересов, а также сохранение за Россией на ближнюю и дальнюю перспективы лидирующих позиций в сфере глобального минерально-сырьевого обеспечения ТПИ.

В сентябре–октябре 2004 г. материал рассмотренных СП был использован для разработки проекта «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (на 2005–2010 гг. и до 2020 г.)» в соответствии с распоряжением МПР России. Программа охватила работы по 37 полезным ископаемым, включая топливно-энергетическое сырье.

Проект разрабатывался ведущими НИИ МПР России (организация-координатор — ЦНИГРИ) под общим руководством и при личном участии министра природных ресурсов России Ю.П.Трутнева, заместителя министра природных ресурсов России А.А.Темкина и руководителя рабочей группы С.И.Федорова.

Проект «Долгосрочной программы...» 11 ноября 2004 г. был доложен Ю.П.Трутневым на заседании Правительства России и в целом одобрен. Доклад Ю.П.Трутнева опубликован в журнале «Минеральные ресурсы России» (2004, № 5–6) и перепечатывается в данном номере журнала «Руды и металлы».

По поручению авторского коллектива  
заместитель руководителя рабочей группы

А.И.Кривцов



УДК 553.001.57

© А.И.Кривцов, 2005

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ — ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ. ОБЗОР ИЗДАНИЙ ЦНИГРИ**

**А.И.Кривцов (ЦНИГРИ МПР России)**

Общие подходы к созданию системы моделей месторождений алмазов, благородных и цветных металлов, иллюстрируемые конкретными примерами построений, были рассмотрены коллективом авторов в статье, опубликованной 10 лет назад [17]. К тому времени в ЦНИГРИ была составлена серия атласов по ведущим типам месторождений [1–16]. Атласы, изданные ограниченным тиражом, содержали весьма значительные объемы фактографического материала, который стал основой монографической серии «Модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов», составленной коллективом авторов и изданной ЦНИГРИ в 2000–2002 гг. [18–21, 27–29, 31–33]. Практически одновременно с подготовкой монографий по моделям соответствующие разработки были использованы для составления методических руководств по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов [22–27]. Таким образом, решение задач по созданию комплексных, в первую очередь, классификационно-признаковых и прогноз-но-поисковых моделей месторождений и составление инструктивно-методических рекомендаций для реализации этих моделей в практике ГРП были тесно сопряжены.

Цель разработки моделей месторождений в ЦНИГРИ — создание их обобщенных образов как непротиворечивых сочетаний характеристик, доступных для выявления имеющимися средствами и методами на всех стадиях ГРП (прогноз, поиски, оценка, разведка).

Исследования в области создания моделей рудных месторождений за последние два десятилетия получили интенсивное развитие в ведущих странах мира. Это направление металлогении и геологии рудных месторождений имеет значительные теоретические и прикладные следствия, что отмечалось на всех сессиях Международного геологического конгресса с 1984 до 2004 гг.

Объективная необходимость моделирования рудных месторождений определяется задачами создания обобщенных образов объектов прогноза, поисков, оценки и разведки с целью повышения эф-

фективности геологоразведочных работ на всех стадиях их проведения. Современное состояние моделирования рудных месторождений характеризуется отсутствием общепринятой систематики моделей по содержанию и назначению. Однотипные по наименованию модели, разрабатываемые разными исследователями, нередко существенно различаются по методам формирования, числу, характеру и сочетаниям элементов.

Пионерные исследования по моделированию рудных месторождений были выполнены в ЦНИГРИ в конце 70-х — начале 80-х годов, затем после длительного перерыва они были интенсифицированы с целью создания системы моделей месторождений алмазов, благородных и цветных металлов и подготовки монографий в рамках единой серии. В то же время по инициативе ЦНИГРИ были созданы описательные модели золоторудных месторождений нетрадиционных и новых для территории России типов [30], которые обладают высоким уровнем инвестиционной привлекательности и могут стать основой новых (альтернативных) отечественных минерально-сырьевых баз. Формирование моделей велось на основе обширных фактографических материалов с максимально возможным использованием количественных показателей и количественных методов. Тем самым создавались необходимые предпосылки для воспроизводимости модельных построений в противовес достаточно широко распространенным «представленческим» моделям, особенно генетическим.

Созданная в ЦНИГРИ система объединяет различные по целевому назначению и содержанию, но взаимосвязанные по ряду характеристик модели месторождений [17]:

классификационно-признаковые, преимущественно используемые для общей систематики месторождений в описательных, геолого-генетических, прикладных и образовательных целях;

геолого-промышленные количественные (статистические, впервые предложенные Геологической службой США), отражающие зависимости между числом месторождений и запасами содержа-



щихся в них руд и (или) металлов, а также концентрациями основных рудообразующих элементов;

прогнозно-поисковые модели в качественном выражении, представляющие собой целевые описательные классификационно-признаковые модели, которые характеризуются сопряженными и соподчиненными элементами рудоносного пространства. Такие элементы, описываемые разными характеристиками и выделяемые соответствующими методами, эквивалентны критериям и признакам, которые используются при локальном прогнозе и поисках. Прогнозно-поисковые модели по сочетанию их элементов определяют требования к результатам и качеству соответствующих стадий геологоразведочных работ;

прогнозно-поисковые модели в количественном выражении — параметрические. В таких моделях различные элементы рудоносного пространства имеют количественное выражение, в первую очередь геометрическое, что определяет требования к плотности наблюдений (поисковых сетей), необходимой для обнаружения рудных тел или оценки удаленности любой точки наблюдений от возможных рудных тел;

морфометрические модели рудных тел, основанные на соотношениях их линейных значений (протяженности по простиранию, вкрест простирания и мощности), используемых для оптимизации оценочных и разведочных сетей;

концентрационные модели рудных тел, традиционно отображаемые в форме изоконцентрат на пресс-проекциях рудных тел или на их разрезах, позволяют выявить характер распределения рудообразующих элементов, определить положение зон неоднородностей различных порядков и их долю в запасах, что также регламентирует параметры оценочных и разведочных сетей;

градиентно-векторные морфометрические и концентрационные модели рудных тел, представляющие собой целевые версии количественных моделей и позволяющие оценивать распределение и интенсивность потоков масс и содержание рудного вещества по разным направлениям относительно осей рудных тел;

композитные (многофакторные) оценочно-разведочные модели рудных тел, которые основаны на интеграции их морфометрических и концентрационных характеристик, имеющих различное количественное выражение, и на статистических показателях параметров, используемых при подсчете запасов. Такие модели необходимы для оптимизации оценки и разведки на основе сопоставления с моделями-эталоном и «пошаговой» корректировки параметров сетей по мере наращивания информации,

т.е. для реализации гибких технологий оценки и разведки, адаптируемых к требуемой достоверности подсчета запасов;

количественные геолого-генетические модели рудообразующих систем и процессов, описываемые совокупностью элементов, с которыми связывается рудонакопление. В основе таких моделей лежат показатели масс и содержаний в системе «источники — транспортирующие агенты — области рудоотложения», а также характеристики состояния рудного вещества в каждом из названных элементов и в процессах его перемещения и накопления.

Описанные в монографической серии модели месторождений составляют основы построения динамических моделей систем и процессов в историческом аспекте, поскольку, как представляется, приложенных усилий многих исследователей пока оказалось недостаточно для создания непротиворечивых количественных геолого-генетических моделей в многофакторном и объемном выражении, включая пространственно-временное. Не вызывает сомнения то обстоятельство, что подобные модели могут быть созданы в ближайшем будущем специалистами, в равной мере владеющими прогрессивными технологиями как в сфере изучения месторождений, так и в области целенаправленной обработки огромных по массе и содержанию описательных данных.

Созданная серия монографий не только обеспечивает ликвидацию информационного разрыва между разными поколениями исследователей, но и стимулирует (провоцирует) новые подходы, которые, как известно, составляют движущие силы познания окружающего нас мира.

Прикладное значение выполненных исследований и реальные приемы их использования отражены в соответствующих изданиях ЦНИГРИ (см. список работ в конце статьи).

Месторождения, рассмотренные в монографической серии, представляют собой выразительные примеры накопления вещества в различных по своей природе рудообразующих системах и процессах: собственно плутонических (магматогенных) — алмазоносные кимберлиты и лампроиты; гидротермальных конвективно-рециклинговых континентальных — месторождения медно-порфиrowого семейства; гидротермальных конвективно-рециклинговых субокеанических — месторождения колчеданного семейства; гидротермальных ортогенетических — золото-серебряные месторождения вулканоплутонических поясов; первично синседиментационных полигенных (метаморфогенно-гидротермальных) — месторождения золота в углеродис-



тых терригенных толщах; синседиментационных эксфильтрационных (элизионных) с частичным метаморфизмом — свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах; экзогенных осадочных и остаточных — россыпи золота и алмазов, золотоносные коры выветривания.

Таким образом, созданные модели месторождений охватывают широкий спектр металлогенических обстановок, с которыми связываются перспективы развития и расширения отечественной минерально-сырьевой базы.

*Модели Cu-Ni-МППГ месторождений* [20] разработаны на материалах Норильского экономического района (НЭР), в котором металлогенические зоны отвечают вулканотектоническим депрессиям (ВТД), заполненным вулканитами двух вулканоплутонических ассоциаций — щелочно-пикритовой и собственно трапповой. Плутоногенные составляющие этих ассоциаций — группы силлообразных тел — развиты как в основании ВТД, так и внутри их, на различных стратиграфических уровнях. Рудоносные интрузивы на современном эрозионном срезе выходят в породы нижней части разреза ВТД, контролируются в своем размещении краевыми зонами ВТД и погружаются к их центральным наиболее прогнутым частям.

Рудоносные интрузивы НЭР по составу наиболее близки к пикритовым толщам низов разреза ВТД. Они отличаются от других типов интрузивов НЭР не столько по составу пород, сколько по степени расслоенности (дифференцированности). Отчетливо выраженная расслоенность рудоносных интрузивов по вертикали сочетается с более масштабной (но менее контрастной) зональностью по латерали, отвечающей генерализованной смене лейкократовых дифференциатов вначале мезократовыми, а затем меланократовыми (по оси интрузивов от их верхних и фронтальных частей к нижним и тыловым).

Высокая изменчивость мощностей и площадей поперечных сечений таких интрузивов определяет непостоянство гидродинамических характеристик потока сульфидно-силикатного расплава, что может быть причиной его расслоения с обособлением сульфидных масс в придонных зонах.

Рудоносные интрузивы НЭР почти на всем протяжении содержат вкрапленные руды, для которых характерны переходы от тонкой рассеянной вкрапленности к собственно вкрапленным рудам и каплевидным обособлениям сульфидов различной размерности (овоидные руды). В каждом из таких овоидов слагающие их сульфиды по вертикали дифференцированы по плотности. Характер и, вероятно, природа расслоенности овоидов такие же,

что и у массивных руд. Допускается, что сульфидные расплавы, раскристаллизовавшиеся в массивные придонные руды, могли формироваться за счет слияния частных овоидов при их погружении на дно потока. Хорошо известно, что сульфидные расплавы обладают весьма низкой вязкостью и, соответственно, высокой подвижностью. Этим определяются различные скорости продвижения собственно силикатных, силикатно-сульфидных, сульфидно-силикатных частей расплава в общем канале при продолжающейся дифференциации. Отсюда возможно опережение сульфидными расплавами тех частей магматической колонны, из которых они произошли, преимущественное поступление сульфидных расплавов в прогибы подошвы интрузивов, инъекции руд в нижележащие породы.

Остается мало изученной проблема фазовых превращений в отщепленных сульфидных расплавах при их кристаллизации, в том числе и в динамике. Такого рода процессы могли сопровождаться не только образованием новых минеральных фаз, но и дополнительными перемещениями остаточных расплавных масс.

Эта геолого-генетическая схема так или иначе подтверждается латеральной зональностью в распределении масс и содержаний сульфидов Cu, Ni и МППГ в масштабах интрузивов и групп рудных тел. В отдельных детально изученных телах количественно доказаны принципиальные различия такого рода распределений по простиранию («по потоку») и вкрест простирания («поперек потока»), что выражается в соответствующих ориентировках векторов наибольшей изменчивости характеристик руд.

Тела массивных руд закономерно приурочены к раздувам мощности интрузивов. Группы таких рудных тел располагаются в интрузивах с нерегулярным «шагом», уменьшающимся с севера на юг. В этом же направлении возрастают массы рудного вещества и содержания в них Cu, Ni, МППГ. Подобная картина установлена и для вкрапленных руд, т.е. в области существенно меньших масс и содержаний. Осцилляционное распределение руд по простиранию интрузива пока не получило должных количественных формализованных описаний.

Высокие содержания МППГ в рудах НЭР и обычное для них преобладание Pd над Pt составляют особые свойства месторождений НЭР, обусловленные, как представляется, исходными составами родоначальных магматических расплавов. Распределение МППГ в рудах принципиально не отличается от распределения сульфидов Cu и Ni. Допускается, что определенная часть МППГ была перекристаллизована остаточными флюидами, однако это обстоятельство не принижает ведущей роли собствен-



но магматических процессов в привносе и отложении МПГ, тем более, что значительные их массы концентрируются в сульфидах, а собственные минералы платиновой группы срastaются с ними.

Описания моделей объектов прогноза и поисков, прогнозно-поисковых критериев, обстановок и условий ведения поисков основаны на объективных характеристиках рудных полей, месторождений и рудных тел и не зависят от генетических интерпретаций и генетических моделей. Эффективность прогноза и поисков рудных тел для обнаружения и освоения решающим образом зависит от положения эрозионного среза относительно продуктивных частей потенциально рудоносных интрузивов, признаки которых еще требуют уточнения [19].

*Модели медно-порфировых месторождений* суммируют результаты многолетних комплексных их исследований отечественными и зарубежными геологами на всех континентах земного шара. Промышленную ценность этих сравнительно бедных месторождений обеспечили прогрессивные технологии переработки руд при масштабной их добыче высокопроизводительными карьерными способами. Вследствие этого медно-порфировые месторождения за последнюю четверть века выдвинулись в устойчивые лидеры мировой добычи меди и молибдена, а также значительной части попутно добываемых золота и серебра.

В металлогеническом и геолого-генетическом планах эти месторождения, составляющие специфическое семейство, представляют собой продукты рудонакопления в сложных по строению и развитию рудно-магматических системах, входящих в вулканоплутонические пояса (ВПП). Такие пояса, формирующиеся в орогенно-активизационных режимах, накладываются на структурно-формационные комплексы различного состава и режимов становления преимущественно в окраинно-континентальных обстановках, в том числе и в зонах рассеянного спрединга. Рудно-магматические системы, возникающие в процессе становления ВПП, определяют так называемый «порфировый» стиль металлогении и рудообразующих процессов, принципиально отличающийся от классических моделей рудонакопления. Базовая парадигма моделей рудно-магматических систем «нечаянно» определила новые веяния «плюмажной» глобальной тектоники, допускающие массовые обмены энергии и вещества между различными оболочками Земли, отражение этих процессов в мантийных плюмажах и в наращивающих последние вулканоплутонических ассоциациях.

Геометрия, внутреннее строение и параметры таких систем, особенности рудно-метасоматиче-

ской зональности, природа и условия образования рудоносных штокверков, физико-химические и термодинамические параметры рудообразования, изотопные характеристики разновозрастных минеральных ассоциаций, структура и пространственно-временная эволюция гидротермальных потоков, установленные градиентно-векторным анализом рудных полей и месторождений, расчеты баланса вещества и сопоставление с современными геотермальными системами свидетельствуют о том, что конвективно-рециклинговая модель рудонакопления в медно-порфировых месторождениях наиболее полно отвечает современному уровню накопленных знаний. Она предполагает двойственную природу источников транспортирующих агентов и рудного вещества — магматогенную коровую и инфильтрационную — при одном и том же источнике энергообеспечения рудогенеза.

Особенности возникновения и функционирования медно-порфировых конвективно-рециклинговых рудообразующих систем, энергетическими центрами которых являются порфировые интрузивы, а основными источниками рудоносных растворов и металлов — вмещающие породы, обуславливают полигенность, полихронность и гетерогенность рудообразования в значительных по объему участках земной коры. Крупномасштабная гидротермальная конвекция приводит к выщелачиванию рудного вещества из пород интрузивной рамы, перераспределению рудо- и порообразующих элементов в пространстве с дифференциацией различных минералого-геохимических типов руд по разным уровням систем. Высокие концентрации металлов возникают за счет телескопирования и отложения-переотложения рудного вещества в серии последовательных обменов вод, с чем связано возникновение зон инверсии концентраций металлов. Такие процессы сопровождаются регенерацией более ранних скоплений руд различного генезиса с их переотложением с нижних на верхние горизонты. Современные геотермальные источники нередко являются приповерхностным отражением таких, функционирующих в настоящее время, глубинных по природе, рудно-магматических систем.

В количественной модели медно-порфировой конвективно-рециклинговой рудообразующей системы выделяются зоны загрузки и разгрузки растворов; последняя подразделена на подзоны: подрудной разгрузки, рудонакопления (рудного тела, разделенного на две части зоной инверсии содержания), надрудной разгрузки. Зона разгрузки отвечает сопряжению проводящих тел переменных сечений, что создает условия для перепадов скоростей, давлений и температур растворов и как следствие —



для интенсивного отложения рудного вещества. В качестве возможного механизма запуска конвективной системы рассматриваются эксплозивные явления, возникающие в суженной части потока при интенсивном парообразовании за счет перегретых магматогенных и (или) активизированных в тепловых полях интрузивов амагматических вод.

Созданная система моделей месторождений медно-порфирового семейства имеет существенное значение для прогнозно-металлогенических построений. Выделены гомогенные и гетерогенные полихронные медно-порфировые системы. Отражением комплексной металлогении первых из них является наличие в их внешних частях эпitherмальных золото-серебряных жильных руд, а на флангах («плечах») — золото- и серебросодержащих энэргит-люшонитовых стратойдных и мезотермальных полиметаллических жильных.

Гетерогенные системы, отличающиеся более длительным развитием, включают месторождения железа, меди, полиметаллов и золота. На ранних этапах деятельности крупномасштабных конвективно-рециклинговых систем в мелководных условиях отлагаются стратиформные и стратойдные сульфидные медные, железоксидные, полиметаллические и золото-мышьяково-ртутные руды. Внедрение гранитоидных плутонов на поздних стадиях, с которыми связано медно-порфировое оруденение, вызывает метаморфизм, механическую деструкцию и частичную регенерацию руд месторождений вышеуказанных типов с возникновением переотложенных скоплений рудного вещества в виде прожилково-вкрапленных и жильных руд, в том числе и золотосодержащих.

Сложное сочетание сингенетических, метаморфогенных и регенерационных процессов обусловило пространственное совмещение руд Fe, Cu, Zn, Au в нетрадиционных ассоциациях. Этим объясняется сложный комплексный состав руд медно-порфировых месторождений гетерогенных систем, источником рудного вещества которых являются флюидные фазы рудоносных порфировых расплавов, вмещающие породы и регенерированные залежи ранее сформировавшихся месторождений.

Взаиморасположение в пространстве существенно разновозрастных скоплений продуктов рудогенеза в принципе допускает возможность прогноза недостающих элементов систем при наличии любого одного из них. Однако эти возможности ограничиваются как вертикальным размахом систем, так и положением эрозионного среза относительно различных рудных тел.

*Месторождения колчеданного семейства [31], выделенного В.И.Смирновым, привлекали и прив-*

лекают внимание многих исследователей не только как значительные по масштабам скопления высококачественных сульфидных руд комплексного состава, но и как специфические продукты рудогенеза, связанного с особыми рудообразующими системами и процессами. Эти месторождения принадлежат к металлогеническим продуктам субмаринного базальтоидного магматизма; они характерны для специфических геотектонических режимов, которые установлены практически на всех этапах истории развития Земли от архея до современности и входят в срединные структуры. На примере именно этих месторождений В.И.Смирновым было выдвинуто положение о консервативности металлогенических процессов. Особое значение имеет то обстоятельство, что среди многих и многих выявленных типов скоплений рудного вещества лишь колчеданные месторождения обладают прямыми современными аналогами — на ряде участков современного Мирового океана обнаружены функционирующие колчеданообразующие системы.

Месторождения колчеданного семейства приурочены к таким геоструктурам, в пределах которых происходит вскрытие глубинных зон земной коры с развитием базальтоидного магматизма и его продуктов (дифференциатов?) преимущественно в форме вулканогенных образований — эффузивных, экструзивных и эксплозивных фаций. Колчеданосные геоструктуры по своей сути принадлежат к продуктам рифтогенеза и формирования островодужных систем. Эти геоструктуры развиваются в субмаринных обстановках; их вулканогенное заполнение возникает непосредственно над питающими магматическими камерами, которые обеспечивают создание весьма значительного теплового потока в водонасыщенных вулканогенных толщах. Последние формируются на дне относительно глубоководных бассейнов, водные столбы которых препятствуют рассеиванию рудного вещества, выносимого как собственно магматогенными флюидами, так и морскими водами, активизированными в экзоконтактных зонах магматических тел. В таких ситуациях оказываются тесно сближенными все составляющие рудообразующих систем — источники энергии, рудного вещества и транспортирующие агенты.

Соответственно, месторождения колчеданного семейства принадлежат к продуктам субмаринных рудообразующих систем, которые по характеру миграции транспортирующих флюидов определяются как конвективно-рециклинговые. Конвективно-рециклинговая модель рудогенеза удовлетворительно объясняет геохимическую специализацию накапливающихся руд; последняя зависит от состава



ва пород, слагающих среду конвективно-рециклинговых ячеек. Крайним выражением этого служит формирование асбестовых руд в гипербазитах основания систем.

Разработка и развитие модели конвективно-рециклингового рудогенеза и результаты наблюдений над современными субмаринными рудообразующими системами имеют весьма широкие металлогенические последствия. В первую очередь это касается проблемы накопления начальных концентраций рудного вещества в так называемых «донорных» геологических формациях, служащих его поставщиками в полигенном и полихронном (регенерационном по своей сути) рудообразовании. Рудное вещество, выводимое в придонные плюмажи над участками рудонакопления, перемещается по латерали вместе с глубинными течениями и обогащает океанические металлоносные отложения (осадки). В других бассейнах (модель рассеянного спрединга) возможны эффекты апвеллинга с обогащением рудным веществом продуктов рифообразования и отложений карбонатной платформы.

Рудные тела месторождений колчеданного семейства обладают удивительным постоянством форм, метасоматической геохимической и рудной зональности, распределения главных и попутных элементов, что имеет важное значение для методики оценки и разведки.

Субмаринная конвективно-рециклинговая модель мобилизации, концентрирования и «остаточного рассеивания» рудообразующих элементов с течением времени стала основой для построения рядом исследователей схем глобального металлогенеза, в которых наиболее существенными представляются следующие базовые положения:

эволюция мантийного вещества за 4 млрд. лет тектонического развития Земли обусловлена интенсивными конвективными потоками с перемешиванием исходного материала, ставшего в конечном итоге относительно однородным и в целом обедненным подавляющим большинством рудообразующих элементов, исключая остаточные концентрации хрома, т.е. хромитов. Следствием этих процессов считается не только обеднение мантийного вещества большинством рудообразующих элементов при отсутствии их локальных скоплений, но и практически полная его обезвоженность — содержания воды не превышают 0,05%;

рудонакопление отражает процессы ступенчатого концентрирования рудного вещества в земной коре, начальные стадии которых приходится на формирование базальтового слоя в рифтовых зонах океана (океанов);

субмаринные гидротермальные (геотермальные) системы, картируемые по зонам истечения

восходящих потоков, выводят более 30% эндогенного тепла Земли при интенсивности водообмена 2300 км<sup>3</sup>/год;

в конвективно-рециклинговых системах осуществляется тепло- и массообмен в глобальных масштабах; при этом только часть мигрирующих элементов связывается в новообразования в измененных породах и рудных телах, а остальные выводятся так называемыми плюмажами (факелами) в океанические воды; вследствие этого так или иначе должны происходить изменения состава океанических вод, в которые выносятся кремнезем, кальций, магний, натрий и калий, частично, как хорошо известно, накапливающиеся в эвапоритах окраинно-континентальных бассейнов;

решающая роль в сульфидообразовании на дне океана отводится сероводороду, формирующемуся не только за счет мантийной серы, но и за счет сульфатов морской воды (главным образом), восстанавливаемых при реакциях с метаном, который генерируется при гидратации океанической коры;

широкая гамма рудообразующих металлов, выводимых на океаническое дно, в еще не известных пропорциях распределяется между участками рудонакопления на выходах источников, зонами их периферии (металлоносные «ореольные» океанические осадки), а также «надрудными» водами (металлоносные факелы над источниками, мигрирующие в придонных водах с не известными пока закономерностями); достаточно очевидна возможность выведения этих факелов на фланги бассейнов (особенно в зонах рассеянного спрединга) с миграцией и осаждением по модели апвеллинга в прибрежно-морских обстановках;

на стадии субмаринного рифтообразования кроме массивных колчеданных руд возникают зоны разнообразного концентрирования рудного вещества, которое при тектономагматических процессах на континентальных окраинах вовлекается в последующие процессы обогащения корового материала, а также выноса и накопления при собственно континентальных (коровых) рудообразующих процессах.

Изложенное вовсе не исчерпывает возможные варианты миграции и мобилизации рудного вещества, изначально поступающего из субмаринных конвективно-рециклинговых систем. Представляется, что именно такие системы выступают как «родоначальницы» первичных скоплений многих элементов в осадочных толщах континентальных склонов и шельфов, а также в зонах формирования карбонатных платформ, включая зоны рифообразования и циановых водорослевых матов. Соответствующие реакции осаждения рудного вещества обеспечивают его начальное концентрирование



(первичную рудоносность), чем создаются исходные предпосылки для формирования руд в континентальных условиях по эксфильтрационной, плутоногенной рециклинговой и метаморфогенно-гидротермальным моделям.

Соответственно, процессы экстракции, перемещения, накопления и рассеивания рудного вещества под воздействием субмаринных конвективно-рециклинговых систем имеют своим следствием не только формирование рудных тел колчеданного семейства, но и начальное концентрирование ряда металлов в породах, участвующих в принципиально иных, как правило, более поздних процессах рудогенеза.

Такой подход косвенно поддерживается данными о металлоносности определенных литолого-стратиграфических уровней кембрия, силура и девона Северо-Американской платформы, где располагаются неоднократно повторяющиеся слои, а также горизонты повышенных концентраций V, Mo, Ni, Cu, Zn, Ag. Обширные ареалы подобной металлоносности (включая и месторождения) приурочены к восточным флангам спрединговых зон соответствующих периодов.

Генетическое родство месторождений разных типов объясняется двумя возможными моделями рудогенеза.

Первая из них допускает существование ветвей конвективно-рециклинговых систем с восхождением рудоносных растворов в отложения перикратонных бассейнов по пологим разломам или по высокопроницаемым горизонтам обломочных пород. Вторая модель (эксфильтрационная) исходит из возможности высвобождения и восходящей миграции флюидов при усадке («компактизации») пород бассейна. Принятие этой модели требует объяснения происхождения рудного вещества, находившегося в отложениях до начала эксфильтрационной мобилизации. Представляется наиболее вероятным отнести начальные концентрации металлов к продуктам их выноса субмаринными гидротермальными плюмажами на фланги колчеданосных рифтов. Такая модель приложима и к месторождениям золота типа Карлин в США, которые располагаются в отложениях палеозойского перикратонного бассейна. Наиболее вероятным источником накопления металлов в отложениях, питавших рудообразующую систему, можно считать продукты рассеивания субмаринных гидротермальных плюмажей, которые под воздействием механизма апвеллинга попадают в прибрежно-морские фации.

Работа «*Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем*» [29] отличается от других изданий серии тем, что в ней рассматривается

собственно рудоносная, точнее золотоносная, совокупность элементов рудообразующих систем основных типов. Следует подчеркнуть, что комплекс характеристик этих элементов, определенных при эффективном использовании собственных геологических, минералогических, геохимических и изотопных методов, имеет принципиальное значение и для определения признаков собственно надрудного (зоны миграции разгруженных растворов) и подрудного (подводящие — питающие каналы) пространства, прикладная важность чего не требует дополнительной аргументации.

Детально исследованные в этой работе месторождения представляют вулканогенно-гидротермальную, плутоногенно-гидротермальную, гидротермально-осадочную, метаморфогенно-гидротермальную и гидрогенную рудообразующие системы, принципиально различающиеся не только по веществным характеристикам, но и по продуктивности рудонакопления, оцениваемой через уровни концентраций металлов.

В отличие от многих работ, опирающихся на использование широкого спектра высокоточных методов исследований вещества по единичным разобобщенным точкам рудоносного пространства, авторами данной работы методами детального картирования (геологического, минералогического, собственно геохимического) выявлены главные элементы (и компоненты) значительной части золотоносного пространства изученных месторождений. Именно эти элементы описаны тонкими аналитическими методами, что позволило сформировать достаточно представительную картину характеристик геологического вещества на разных уровнях организации материи, чем определяется гносеологическая значимость построений.

Весьма важна роль работы как фактографического обобщения, особенно с учетом все усиливающегося рассеивания уникальной информации в условиях роста ограничения доступности многих уникальных месторождений для высокопрофессиональных комплексных исследований.

*Модели золото-серебряных месторождений* — наиболее выразительных представителей рудообразующих систем вулканоплутонических ассоциаций — обобщают основные характеристики продуктов рудогенеза геологического прошлого. Для них с высокой степенью достоверности установлены современные аналоги рудообразующих систем, что обеспечивает возможность создания их представительных качественных и количественных моделей.

Эти месторождения, традиционно относимые к вулканогенным гидротермальным, входят в слож-



ные по строению, условиям образования и минеральному составу рудно-магматические системы, в которых пространственно-временные соотношения различных продуктов рудогенеза пока не установлены с необходимой для прогнозных построений детальностью. Условия и обстановки рудонакопления — от поверхностных продуктов кислотно-сульфатной деятельности через типичные субвулканические ареальные жильные системы до глубинно-вулканических и вулканоплутонических образований. Рудные поля достаточно хорошо фиксируются как локальные вулканические постройки или секториальные фрагменты более крупных структур; они характеризуются площадными ареалами приповерхностных гидротермально-метасоматических преобразований пород, комплексом геохимических, минералогических и геофизических аномалий, выявление которых поисковыми методами определяет высокую эффективность поисков. На фоне огромного числа мелких месторождений, сопровождающих проявления вулканоплутонизма, промышленные объекты составляют лишь незначительную долю. Они характеризуются, с одной стороны, необычайно высокими концентрациями золота и серебра, особенно в рудных столбах и гнездах (бонанцах), заключающих до 90% всех запасов металлов, с другой — ограниченными геометрическими параметрами и большой компактностью самих месторождений, что затрудняет их выявление при поисках. Богатые промышленные руды золото-серебряных месторождений обычно сконцентрированы в верхних частях вертикального интервала (100–200 м), однако на некоторых месторождениях размах промышленных руд достигает 500 и даже 900–1200 м. Этим объясняется большой объем материала для анализа параметров вертикальной минералого-геохимической зональности и возможности использования последней для оценки глубоких горизонтов и флангов месторождений. Временной пик формирования рассматриваемых месторождений приходится на последние 30–40 млн. лет, захватывая антропогенный период, что делает вполне правомерным использование данных по современным геотермальным системам для интерпретации генезиса месторождений.

Основные виды моделей золото-серебряных месторождений описаны с высокой детальностью на основе обширного, целенаправленно обработанного фактографического материала. Каждая из моделей, представленных в книге, имеет значение эталона для использования в прикладных и теоретических разработках. Принципиально важны новые прогнозно-поисковые критерии и признаки, что существенно расширяет возможности обнаружения

новых золото-серебряных месторождений и соответствующих рудообразующих систем в вулканоплутонических поясах России, перспективы которых вовсе не исчерпаны ранее проведенными работами.

*Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах* [33] составляют основу современной минерально-сырьевой базы свинца и цинка. Главные отличительные признаки этих месторождений, кроме особенностей минерального состава руд, — стратиформность (стратоидность) рудных тел и их устойчивая приуроченность к карбонатным толщам геологических формаций, слагающих осадочные бассейны, которые размещаются на стабильных (кратонных) блоках и (или) их флангах (склонах). Такие обстановки, как правило, характеризуются отсутствием проявления плутонизма на всех этапах формирования рудовмещающих толщ. В связи с этим классические ортогенетические модели гидротермального рудообразования уже на ранних стадиях открытия и изучения таких месторождений практически были исключены из рассмотрения. Отнесение их к группе «телетермальных» предполагало некоторые удаленные (внешние) источники флюидов и рудного вещества, которым так или иначе приписывалось эндогенное происхождение.

Несомненным достижением в понимании природы этих месторождений следует считать доказательства возможности инициального концентрирования рудного вещества (хотя и с неоднозначной трактовкой природы подобных процессов), перегруппировки такого вещества при процессах седименто- и тектогенеза захороненными водами осадочных бассейнов, разгрузки таких растворов в областях перепада литостатических давлений, участия сингенетических скоплений рудного вещества во всех последующих процессах преобразования рудовмещающих толщ. Эти построения в целом увязываются в модель эксфильтрационного рудогенеза, которая достаточно удовлетворительно объясняет основные (и типовые) признаки рассматриваемых месторождений.

Как представляется, на примере этих месторождений демонстрируется общность эволюции рудного вещества и вмещающего литогенного материала. Соответственно, выделяются разные и одновременные продукты рудообразования в осадочных бассейнах: зоны рассеянных (начальных) концентраций рудного вещества, пластообразные (согласные) рудные тела, комбинированные тела в так называемом «рудном карсте», достаточно близком к стратоидным рудам. Все эти составляющие определяют специфику рассматриваемой группы собственно стратиформных месторождений. Суще-



ственно меньшей доказательной базой пока обладают построения, допускающие формирование жильных полиметаллических месторождений за счет регенерации сингенетических стратиформных руд. Можно считать более обоснованными доказательства принадлежности так называемых скарновых месторождений свинца и цинка в карбонатных толщах к скарнированным и частично регенерированным первично стратиформным.

Геолого-генетические модели стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах основаны на концепции гидрогенного рудообразования. В этих моделях связаны закономерности размещения месторождений в земной коре, физико-химические, термо- и гидродинамические обстановки формирования термальных металлоносных хлоридных рассолов, которые являются конечным членом эволюции природного ряда седиментогенных вод различного состава. Стратиформные свинцово-цинковые руды — производные эксфильтрационных систем, хлоридные рассолы которых мобилизовали рассеянное рудное вещество глубоких горизонтов осадочных бассейнов. Необходимые для формирования руд объемы и температуры рудоносных флюидов обеспечиваются гидродинамически сосредоточенными потоками термальных хлоридных рассолов. Структурные элементы с повышенной фильтрационной проницаемостью (зоны секущих разрывных нарушений), проницаемые тела флюидопроводников (внутриформационные пласты-коллекторы) играют роль растворособирающих, растворораспределяющих, транзитных, а в верхних горизонтах коры — рудо локализирующих структур и контролируют формирование стратиформных, секущих или комбинированных залежей свинцово-цинковых руд.

Стратиформные свинцово-цинковые руды участвуют в комплексе длительных геологических процессов преобразования карбонатных осадков и пород, которые начинаются с частичной регенерации рудного вещества еще на стадиях диагенеза и эпигенеза. Первоочередное значение в преобразовании руд имеют высокотемпературные гидротермальные растворы, омывающие руды при формировании складчато-разрывных структур. Этот гидротермальный метаморфизм выражается в перегруппировке и переотложении рудного вещества с частичным изменением форм рудных тел.

Углубление процесса приводит к интенсивной регенерации рудного вещества и его переотложению с формированием новых рудных тел в субпластовых срывах, зонах послонного брекчирования, полостях отслоения и секущих тектонических нарушениях или образованию зон рассеянной свин-

цово-цинковой минерализации. Можно допустить, что при этом возникают месторождения свинца и цинка, в том числе и жильные, потерявшие в значительной степени или полностью связь с первичными стратиформными концентрациями сульфидов.

Регенерация рудного вещества стратиформных свинцово-цинковых месторождений при их контактовом метаморфизме происходит и под воздействием тепловых полей в контактовых ореолах гранитоидных массивов со скарнированием первично стратиформных руд.

*Модельные построения в области россыпной алмазности* [21] учитывают данные более чем по 40 отечественным россыпям разного возраста (кайнозойские, мезозойские, среднепалеозойские), генезиса (элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, озерные и морские) и морфологического типа (водораздельные, склоновые, ложковые, русловые, долинные, террасовые, карстовых депрессий, пляжевые и дельтовые).

Для 30 эталонных якутских и уральских россыпных месторождений и участков описательные материалы систематизированы по 40 признакам, характеризующим условия формирования россыпей. Построены концентрационные модели распределения содержаний алмазов, тренды параметров алмазности по протяженности россыпей, приведены математические зависимости этих параметров от дальности транспортировки алмазов, рассчитаны их корреляционные связи между собой, с другими свойствами россыпей и минералами-спутниками алмазов. Приведены данные об условиях формирования, морфологии, размерах и алмазности ряда зарубежных россыпных месторождений алмазов разного генезиса.

В итоге созданы обобщенные образы россыпей алмазов России — модели питающих источников, геолого-структурные и морфоструктурные, морфологические, палеогеографические, гидродинамические и литофациальные, петрографические и минералогические, концентрационные, математико-статистические, геофизические и геохимические. Они содержат набор сведений, необходимых для прогнозирования и поисков россыпей, отнесения их к известным аналогам, выбора расстояний между поисковыми линиями и выработками, учитывающего ожидаемые размеры неоднородных участков, способы и номограммы определения объема шлиховых и разведочных проб, оценки плотности поисковой сети.

Предложена группировка россыпей для целей прогноза, поисков и оценки, основанная на многофакторных моделях россыпей и предназначенная для создания полного общего «образа» ожидаемой



россыпи, выбора ее известного аналога, необходимого для эффективного производства поисковых и оценочных работ. В связи с истощением резерва легкооткрываемых месторождений расширение сырьевой базы россыпных алмазов возможно за счет поисков погребенных россыпей на основе созданных моделей.

Система оценки и разведки *россыпных месторождений золота и платиноидов на основе многофакторных моделей* [32] объединяет результаты целевой обработки огромного объема информации, накопленного многими поколениями отечественных геологов при оценке, разведке и эксплуатации сотен месторождений. На основе многофакторного моделирования как качественных, так и количественных признаков аллювиальных россыпных месторождений золота и платиноидов даны их обобщенные образы, на которых базируется классификация по сложности строения, определяющая выбор рациональных систем оценки и разведки.

Базой для моделирования обобщенных образов объектов и создания системы оценки и разведки россыпных месторождений служили реальные детально изученные объекты, а также уникальные по детальности и объему результаты экспериментального опробования колымских россыпей золота.

Для разработки рекомендаций по рациональной и эффективной методике разведки рассмотрены и оценены следующие основные факторы: морфологические, концентрационные, вещественные, горно-технические и технические. Каждый из них характеризуется определенным набором признаков, отражающих сложности строения россыпей. На основе графических концентрационных моделей выявлены локальные неоднородности, характеризующие тип концентрации и структуру россыпи, что необходимо для выбора рациональной методики разведки. При этом используются также и другие характерные признаки и статистические показатели параметров, дополняющие тип концентрации на основе их сравнения и анализа с подобными характеристиками эталонных объектов.

Классификация россыпей по сложности строения увязана с геологоразведочной моделью, определяющей методический комплекс — рациональную систему разведки, средства разведки, плотность разведочной сети.

В целом многофакторные модели и разработанная на их основе классификация россыпей по сложности строения служит базой систем разведки и методик геолого-экономической оценки, что существенно повышает эффективность оценочных и геологоразведочных работ в различных геолого-геоморфологических обстановках.

Серию моделей месторождений алмазов, благородных и цветных металлов естественно завершает справочное пособие *«Пространственно-металлогенические таксоны»* [28], которое как бы связывает воедино отдельные выпуски этой серии, а также третье издание *«Методических руководств по оценке прогнозных ресурсов»*.

В *«Справочном пособии»* приведены рудно-формационные типизации месторождений алмазов, благородных и цветных металлов; эти типизации по своей сути представляют собой формализованные описательные прогнозно-поисковые модели, связанные с пространственными металлогеническими таксонами разных рангов. Система пространственных металлогенических таксонов, их определения и признаковые описания отвечают принципам последовательного приближения и соответствия, составляющим гносеологические и технологические основы геологоразведочного процесса. В пособие включены количественные геолого-промышленные (статистические) модели месторождений основных типов, что весьма важно для экспрессной оценки экономической значимости перспективных площадей и прогнозных ресурсов.

В основу создания системы критериев и признаков перспективных объектов разного ранга — зон, районов, рудных полей — положены методические основы прикладной металлогении и прогноза, опирающиеся на принципы рудно-формационного анализа. Методология рудно-формационного анализа базируется на вхождении месторождений в определенные геологические сообщества в качестве естественных составляющих. Исходная предпосылка прогнозирования — принцип геологической аналогии, который используется для определения геологической позиции месторождений по геологическим ситуациям. В свою очередь, научно-методической основой применения принципа геологической аналогии являются прогнозно-поисковые и классификационно-признаковые модели, которые состоят из сопряженных и соподчиненных элементов рудоносного пространства, определяющих геологические обстановки, прогнозно-поисковые критерии и другие показатели, характеризующие наличие и степень проявления рудоформирующих процессов. Именно подобные элементы являются идентификационными признаками и критериями, позволяющими вычленять из геологического пространства разноранговые металлогенические таксоны (перспективные площади).

В качестве основных пространственных прогнозно-металлогенических таксонов выделяются металлогенические зоны, рудные районы и поля, обладающие соответствующими структурно-веще-



ственными характеристиками. При этом модели объектов прогноза и поисков — рудные поля и месторождения — рассматриваются как части соответствующих региональных геоструктур с учетом их глубинного строения. В пределах металлогенических зон выделяются совокупности элементов, определяющие позиции рудных районов, а в пределах рудных районов — позиции рудных полей в их структуре и в соответствующих рудоносных структурно-формационных комплексах и их элементах. Значение той или иной группы элементов-признаков в выделении разноранговых пространственных металлогенических таксонов, как вытекает из моделей месторождений, в значительной степени определяется особенностями геологических обстановок нахождения, свойственных различным рудно-формационным (геолого-промышленным) типам месторождений.

В «Справочном пособии» приняты следующие определения базовых понятий.

Рудная формация — группа месторождений и рудопроявлений однотипных как по элементному и минеральному составу руд, так и по геологической обстановке их нахождения, которая характеризуется определенной геологической формацией (или сочетанием геологических формаций) и структурными условиями рудогенеза.

Рудно-формационный тип месторождения — группа месторождений, выделяемых по составу руд и геологических формаций, в связи с которыми ассоциируются скопления рудного вещества.

Рудная субформация — группа месторождений и рудопроявлений, выделяемая в составе рудной формации с учетом вариаций геологических обстановок нахождения месторождений и отклонений в составе главных минеральных парагенезисов в сочетании с различиями в морфологии рудных тел.

Рудно-формационное семейство (семейство рудных формаций) — группа рудных формаций, близких по элементному или минеральному составу руд, но ассоциирующих с различными по своим характеристикам геологическими формациями.

Под геолого-промышленным типом месторождений понимаются такие рудно-формационные типы, которые по комплексу характеристик отвечают современным требованиям горнодобывающей промышленности.

В «Справочном пособии» даны комплексные классификационно-признаковые описания пространственных металлогенических таксонов всего рангового ряда — металлогенических зон, рудных районов, рудных полей и месторождений. Возрас-

тание в этом ряду детальности и числа признаков объектов прогноза и поисков отражает реализацию в геологоразведочном процессе принципов последовательного приближения и соответствия. Пособие содержит набор количественных геолого-промышленных моделей, служащих основой для оценки возможной экономической значимости конкретных объектов ГРП.

Представляется, что рассмотренные в обзоре издания ЦНИГРИ отражают опыт целевых направленных комплексных исследований одной из важных проблем наук о Земле с получением весьма значимых фундаментальных результатов и их трансформацией в прикладные (инновационные) технологии. В создании 33 основных работ принимали участие более 80 сотрудников ЦНИГРИ, выполнявших исследования в рамках долгосрочной внутриинститутской программы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельков Е.В., Бельчанская Л.Н., Волков А.В., Воронин И.А., Городинский М.Е., Григорьев Н.В., Дубинин Е.Г., Зиннатуллин М.З., Калинин А.И., Каницев В.К., Константинов М.М., Красильников А.А., Ливач А.Э., Макурин В.Н., Морозова Л.В., Наталенко В.Е., Степанов В.И., Стружков С.Ф., Толстихин Ю.В., Шавкунов Б.Н. Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра северо-востока России: Атлас / Под ред. М.М.Константинова, И.С.Розенблюма, М.З.Зиннатуллина. — М., 1992. 140 с.
2. Донец А.И., Емельянов С.А., Кузнецов В.В. Градиентно-векторные модели колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа: Атлас. — М.: ЦНИГРИ, 1992. 96 с.
3. Кривцов А.И., Волчков А.Г., Шишаков В.Б. Градиентно-векторные модели медно-цинково-колчеданных месторождений: Атлас. — М.: ЦНИГРИ, 1992. 150 с.
4. Волчков А.Г., Кривцов А.И., Трякина Н.П., Шишаков В.Б., Агеева С.Т., Вахрушев М.И., Ручкин Г.В., Милина О.В., Требухин В.С., Швайковский М.И., Шенелев В.М. Параметрические геолого-поисковые модели медно-цинково-колчеданных месторождений: Атлас. — М.: ЦНИГРИ, 1993. 150 с.
5. Донец А.И., Емельянов С.А., Тарасов А.С., Кривцов А.И. Многофакторные модели колчеданно-полиметаллических месторождений: Атлас. — М.: ЦНИГРИ, 1993. 92 с.
6. Иванов В.Н., Катанский М.Ю., Жидков С.Н., Цетлин В.П., Голеньев В.Б., Гречишников Д.Н. Многофакторные модели жильных золоторудных месторождений: Атлас. — М.: ЦНИГРИ, 1993. 80 с.
7. Константинов М.М., Коробков А.В., Шишаков В.Б. Градиентно-векторные модели золоторудных месторождений: Атлас. — М.: ЦНИГРИ, 1993. 52 с.
8. Кривцов А.И., Волчков А.Г., Шишаков В.Б. Многофакторные модели медно-цинково-колчеданных месторождений: Атлас. — М.: ЦНИГРИ, 1993. 63 с.



9. Курбанов Н.К., Арифлулов Ч.Х., Кучеревский П.Г., Романов В.И., Кукишев В.И., Вишневская Н.А., Зверева Е.А. Геолого-генетические модели золоторудных месторождений углеродисто-терригенных комплексов: Атлас. – М.: ЦНИГРИ, 1993. 36 с.
10. Куторгин В.И., Будилин Ю.С., Джобадзе В.А., Туровская Л.Т. Многофакторные модели аллювиальных россыпных месторождений золота и платиноидов: Атлас. – М.: ЦНИГРИ, 1993. 69 с.
11. Ручкин Г.В., Пугачева И.П., Конкин В.Д., Кузнецов В.В., Солодов А.А., Королев Г.Г., Крейтер И.В., Егоров Е.С., Кузнецова Т.П., Соловьев Е.Б., Букинга О.Б., Булыгин С.А., Романов В.И. Параметрические геолого-поисковые модели колчеданно-полиметаллических месторождений: Атлас. – М.: ЦНИГРИ, 1993. 150 с.
12. Емельянов С.А., Донец А.И., Тарасов А.С. Многофакторные модели свинцово-цинковых месторождений стратиформного типа: Атлас. – М.: ЦНИГРИ, 1994. 63 с.
13. Жидков С.Н., Катанский М.Ю., Лобач В.И., Голенин В.Б., Цетлин В.П. Многофакторные модели золоторудных месторождений типа жильных и минерализованных зон: Атлас. – М.: ЦНИГРИ, 1994. 66 с.
14. Жидков С.Н., Катанский М.Ю., Цетлин В.П., Голенин В.Б., Лобач В.И., Гречишников Д.Н. Многофакторные модели золоторудных месторождений типа залежей и штокверков: Атлас. – М.: ЦНИГРИ, 1994. 72 с.
15. Прогнозно-поисковые модели месторождений благородных, цветных металлов и алмазов: Атлас / Науч. ред. М.М.Константинов, В.И.Ваганов, А.Г.Волчков, А.И.Донец, А.Ф.Морозов, О.С.Набровенков, В.Б.Шишаков. – М.: ЦНИГРИ, 1994. 114 с.
16. Гирфанов М.М., Шишаков В.Б. Комплексные модели месторождений порфирового типа цветных и благородных металлов: Атлас. – М.: ЦНИРИ, 1995. 153 с.
17. Кривцов А.И., Константинов М.М., Кузнецов В.В., Курбанов Н.К., Куторгин В.И., Ручкин Г.В., Волчков А.Г., Звездов В.С. Система моделей месторождений благородных и цветных металлов // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 11–31.
18. Константинов М.М., Варгунина Н.П., Косовец Т.Н., Стружков С.Ф., Сынгаевский Е.Д., Шишакова Л.Н. Золото-серебряные месторождения. Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2000. 239 с.
19. Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Меднопорфировые месторождения. Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2001. 232 с.
20. Кривцов А.И., Кочнев-Первухов В.И., Конкина О.М., Степанов В.К., Заскинд Е.С. Cu-Ni-МПГ месторождения норильского типа. Серия «Модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2001. 180 с.
21. Минорин В.Е. Прогнозно-поисковые модели алмазоносных россыпей России. Серия «Модели месторождений алмазов, благородных и цветных металлов» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2001. 117 с.
22. Беневольский Б.И., Блинова Е.В., Бражник А.В., Кривцов А.И., Крынтя Е.Е., Лобач В.И., Михайлова М.С., Мызенкова Л.Ф., Новиков В.П., Стороженко А.А., Чанышев И.С. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Выпуск «Золото» / Под ред. Б.И.Беневольского. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 182 с.
23. Ваганов В.И., Голубев Ю.К., Минорин В.Е. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Выпуск «Алмазы» / Под ред. Ю.К.Голубева. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 76 с.
24. Кочнев-Первухов В.И., Кривцов А.И., Августинчик И.А., Заскинд Е.С. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Выпуск «Никель и кобальт» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 54 с.
25. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Волчков А.Г., Володин Р.Н., Звездов В.С., Минина О.В., Никешин Ю.В. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Выпуск «Медь» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 212 с.
26. Матвеева Е.В., Набровенков О.С., Риндзюнская Н.М., Сапрыкин А.А., Филиппов В.П. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Выпуск «Экзогенная золотоносность» / Под ред. С.С.Вартаняна, Н.М.Риндзюнской. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 130 с.
27. Ручкин Г.В., Конкин В.Д., Донец А.И., Августинчик И.А., Кудрявцева Н.Г. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Выпуск «Свинец и цинк» / Под ред. Г.В.Ручкина. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 169 с.
28. Ваганов В.И., Волчков А.Г., Кочнев-Первухов В.И., Кривцов А.И., Кузнецов В.В., Мигачев И.Ф., Новиков В.П., Ручкин Г.В. Пространственные металлогенетические таксоны: Справочное пособие. Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов» / Под ред. А.И.Кривцова, Г.В.Ручкина. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 82 с.
29. Константинов М.М., Косовец Т.Н., Кряжев С.Г., Наталенко М.В., Стружков С.Ф., Устинов В.И. Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем. Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 192 с.
30. Константинов М.М., Шаров Г.Н. Геологическое строение и поисковые признаки месторождений золота в основных геотектонических обстановках. – Москва-Кемерово, 2002. 263 с.
31. Кривцов А.И., Минина О.В., Волчков А.Г., Абрамова Е.Е., Гричук Д.В., Ельянова Е.А. Месторождения колчеданного семейства. Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 282 с.
32. Куторгин В.И., Джобадзе В.А., Тарасов А.С., Натонинский В.И., Емельянов С.А., Мочалов А.Г. Системы оценки и разведки россыпных месторождений золота и платиноидов на основе многофакторных моделей. Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов» / Под ред. В.И.Куторгина. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 236 с.
33. Ручкин Г.В., Донец А.И. Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах. Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов» / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 123 с.



УДК 553.04

© А.И.Кривцов, Б.И.Беневольский, И.Ф.Мигачев, 2005

## СБАЛАНСИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ВОСПРОИЗВОДСТВО МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОССИИ В ДОЛГОСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ\*

А.И.Кривцов, Б.И.Беневольский, И.Ф.Мигачев (ЦНИГРИ МПР России)

В конце прошлого века в ЦНИГРИ были проведены исследования по анализу состояния минерально-сырьевой базы мира и России, выявлению долгосрочных тенденций мирового и отечественного минерально-сырьевого обеспечения. Были разработаны многовариантные сценарии использования и развития минерально-сырьевых баз ведущих полезных ископаемых на перспективу до 2025 г. Результаты этих разработок позволили сформировать основные положения национальной минерально-сырьевой безопасности, отраженные в специальном издании, привлекавшем внимание МПР России и Совета безопасности Российской Федерации. Ряд положений данной работы получил отражение в «Основах государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования», утвержденных распоряжением Правительства Российской Федерации от 21.04.03 г. № 494-р.

В ЦНИГРИ с 2000 г. в мониторинговом режиме отслеживаются основные показатели использования и развития МСБ мира и России в сопоставлении с глубокой ретроспективой (рис. 1). В конце 2004 г. был опубликован правительственный проект ускоренного развития экономики России до 2015 г., макроэкономические показатели которого (в первую очередь ВВП) сопоставлены с реальными и прогнозами отечественной МСБ (см. рис. 1). Добыча большинства ведущих полезных ископаемых после длительного спада частично вышла на докризисный уровень. Хотя в ретроспективе и отмечается корреляция между ростом добычи ведущих полезных ископаемых и ВВП, темпы увеличения последнего заметно отстают от развития минерально-сырьевого сектора экономики. По упомянутому выше проекту долгосрочного развития экономики России уровень ВВП 1991 г. достигается к 2007 г. Изложенное так или иначе демонстрирует роль отечественно-

го минерально-сырьевого комплекса в национальном ВВП, но одновременно требует анализа глубинных причин и природы отмеченных расхождений («ножниц»).

В «Основах госполитики...» признается необходимость учета последствий глобализации минерально-сырьевых баз, прогнозируемого потребления минерально-сырьевых ресурсов в XXI в. и содержится ряд положений, отвечающих принципам сбалансированного развития.

Определение «сбалансированное развитие» было впервые дано в 1987 г. в докладе Всемирной комиссии ООН «Наше общее будущее». В дальнейшем оно стало основой для выработки международными организациями «Стратегии охраны мира». В 1992 г. на известной конференции ООН по окружающей среде и развитию, проходившей в Рио-де-Жанейро, делегации 182 государств приняли «Декларацию Рио», в которой были конкретизированы правовые аспекты сбалансированного развития. В первую очередь это касалось экономической, экологической и социальной сфер.

В конце истекшего века за рубежом, а также в России разрабатывались преимущественно экологические аспекты сбалансированного развития с меньшим вниманием к проблемам будущего минерально-сырьевого обеспечения.

В общем плане сбалансированное развитие может рассматриваться в виде системы, отражающей взаимодействие основных участников этого процесса: государства — горнодобывающих предприятий — общества — среды обитания или природной среды.

Очевидно, что динамическими элементами системы являются горнодобывающие предприятия и государство. Первый из них эксплуатирует природные ценности и общественные (человеческие) ресурсы создавая финансовый капитал; второй определяет «правила игры», включая взаимоотношения горнодобывающих предприятий с природной средой и обществом, и переток части финансового капитала в виде прибыли от

\* Рисунки — см. цветную вкладку.



эксплуатации природных ресурсов. Особенностью системы является статическое (пассивное) участие природной среды и дискретное влияние общества известными способами.

Эта система для наглядности может быть представлена в форме развертки тетраэдра, центр тяжести которого отвечает равновесному состоянию системы — балансу интересов всех участников, а каждая из вершин — 100%-ному интересу одного из них. В треугольниках подсистем представлены частные случаи создания равновесия за счет одного или двух (государство и горнодобывающие предприятия) динамических элементов системы.

Ведущие зарубежные горнодобывающие компании для оценки последствий перехода к сбалансированному развитию и возможных будущих угроз бизнесу в 1999 г. учредили программу «Глобальная горнорудная инициатива», ориентированную на проблемы мирового минерально-сырьевого обеспечения.

В 2001–2002 гг. был выполнен широкий комплекс работ по проекту «Горнодобывающая промышленность в сбалансированном развитии», который поддержан 31 горнорудной компанией из разных стран мира.

Результаты исследований по проекту изложены в многочисленных частных и региональных отчетах, итоговом докладе по проекту, а также в ряде критических обзоров. В них отмечаются сложность проблемы сбалансированного развития и роль государства и горнодобывающих предприятий в ее решении, поскольку остается неопределенной сущность сбалансированного развития: экономическая, этическая, экологическая, социальная или идеологическая? Одновременно в проекте возникло широкое разнообразие трактовок определений и целей сбалансированного развития.

Прежде всего обращает на себя внимание то, что предлагаемые условия эффективной реализации модели сбалансированного развития применительно к горнодобывающим предприятиям находятся в очевидном противоречии с уже проявившимися последствиями «глобализации» в минерально-сырьевой сфере. За последние годы возник и интенсивно развивается мировой рынок минерально-сырьевых баз как следствие перетока инвестиций из стран с жесткими экологическими и экономическими (налоговыми) режимами в страны с «мягкими» значениями этих индикаторов.

Проблема сбалансированного развития минерально-сырьевой базы (МСБ) РФ в долгосроч-

ной перспективе исследовалась ЦНИГРИ в 2003–2004 гг. в рамках разработки стратегических программ до 2010 и 2020 гг. на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья.

В контексте сбалансированного развития представляется целесообразным оценить состояние минерально-сырьевого комплекса в целом в экономике России и некоторые проблемы МСБ золота как одного из наиболее ликвидных полезных ископаемых.

В 2004 г. экспертами ЦНИГРИ и других НИИ МПР России с учетом данных федеральных ведомств и международных прогнозов были определены основные показатели баланса потребления и воспроизводства наиболее важных для экономики страны видов минерального сырья до 2020–2025 гг. по 37 видам полезных ископаемых — топливно-энергетических, металлических и неметаллических. За базу расчетов стратегий будущего использования МСБ приняты показатели «Энергетической стратегии России» (2002 г.), в первую очередь, темпы внутреннего энергопотребления, поскольку предприятия минерально-сырьевого комплекса обладают, как известно, высокой энергоемкостью производства, а энергопроизводство невозможно без потребления продукции минерально-сырьевого комплекса.

В публикациях ЦНИГРИ на материалах ретроспективного анализа за 1970–2000 гг. была показана реально сложившаяся сбалансированность мирового минерально-сырьевого потребления. Она выражается в определенных пропорциях между массами разных полезных ископаемых, приходящихся на одну тонну условного топлива (т.у.т.), и отвечает вещественным характеристикам мировой технологической инфраструктуры.

Были учтены также разработки бывшей Минпромнауки до 2010 г. (2002 г.) по металлургическим твердым полезным ископаемым, Минэкономики (2004 г.) по проекту «Программы социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочную перспективу», ФЦП «Экология и прогнозные ресурсы» до 2010 г. (2001 г.) и др.

Отметим, что исследования по оценке будущего потребления минерального сырья проводятся в разных постиндустриальных странах, но наиболее развернутые работы в 2002 г. выполнены в США. Детальность их такова, что они конкретизируются до годового и жизненного потребления полезных ископаемых в расчете на каждого родившегося американца. Для примера,



за время жизни каждый американец должен потребить порядка 1620 т неметаллических, металлических и горючих полезных ископаемых, в том числе 19 т железной руды, 369 т нефти, 164 м<sup>3</sup> природного газа, 0,73 т меди, 9 т фосфатов, 54 г золота и т.д.

Известно, что наша страна является крупнейшим в мире производителем и экспортером минерального сырья. В 2004 г. использование недр принесло государству более 1,4 трлн. руб., в том числе налог на добычу составил 332 млрд. руб. или 23%. За счет минерально-сырьевого комплекса формируется более 50% федерального бюджета и более 70% валютных поступлений от экспорта.

Решить поставленную Президентом России В.В.Путиным задачу по удвоению национального ВВП невозможно без соответствующего увеличения производства в минерально-сырьевом комплексе. Для этого необходимо создание устойчивой сбалансированной по использованию и воспроизводству минерально-сырьевой базы, что возможно на основе целевой реализации мероприятий соответствующих средне- и долгосрочных программ геологоразведочных работ, выполняемых как за счет средств федерального бюджета, так и недропользователей, исходя из состояния и перспектив развития МСБ.

Наша оценка отечественной минерально-сырьевой базы основывается на показателях динамики использования и воспроизводства запасов полезных ископаемых, текущей динамики состояния запасов и прогнозных ресурсов, достигнутых уровней производства и потребления (включая экспортно-импортные составляющие), а также на анализе сложившихся тенденций использования фонда недр на лицензионной основе.

В условиях новых экономических реалий в состоянии МСБ РФ достаточно четко определились федеральные проблемы, от решения которых в конечном итоге зависят долгосрочное сбалансированное функционирование и развитие всего минерально-сырьевого комплекса страны и национальная минерально-сырьевая безопасность. Одна из проблем состоит в том, что отечественная система недропользования в современном виде привела к разделению фонда недр страны на несколько частей, обладающих различной ликвидностью по их вовлечению в капитализацию и хозяйственный оборот. Фонд недропользования — балансовые запасы — по ведущим полезным ископаемым распределен от 50 до 100% (таблица), что в перспективе сокращает возможности создания новых горнодобывающих мощностей. В их массе несомненный резерв

представляют балансовые, но неэксплуатируемые, как правило, низкорентабельные запасы (на флангах, глубоких горизонтах и т.д.), вовлечение которых в освоение требует принятия нетрадиционных фискальных и правовых мер. Приемлемый уровень монополизации запасов (порядка 35%) превышен примерно по половине полезных ископаемых, что также является неблагоприятным фактором для динамичного развития минерально-сырьевой базы, поскольку предприятия-монополисты обеспечены запасами на длительные сроки и не имеют стимулов для их наращивания.

По ряду полезных ископаемых велика доля нераспределенного фонда (запасов и оцененных ресурсов), что обусловлено как недостаточной инвестиционной привлекательностью ранее выявленных запасов (медь, свинец, молибден, марганец, олово, бокситы), так и общей низкой ликвидностью отдельных полезных ископаемых (калийные и натриевые соли, фосфаты, железные руды). По наиболее ликвидным полезным ископаемым процесс лицензирования идет достаточно интенсивно. Так, по данным МПР России по состоянию на 2004 г. на работы по коренному золоту выдано около 1500 лицензий, в том числе на поиски и оценку 39%, оценку и добычу (рисковые) 30%, добычу 31%, что свидетельствует о широком поле деятельности недропользователей.

Другая проблема касается состояния поискового задела (отношения прогнозных ресурсов к запасам), т.е. наличия объектов, подготовленных для включения в программы лицензирования. Дефицит прогнозных ресурсов (отношение меньше единицы) распространяется на подавляющее большинство ведущих полезных ископаемых. Он обусловлен систематическим недофинансированием геологоразведочных работ, прежде всего федеральным бюджетом, поскольку образуется из-за сокращения объемов поисково-оценочной и прогнозно-поисковой стадий — наиболее значимых для выявления месторождений.

Ведущие полезные ископаемые по обеспечению экономики страны, устойчивости минерально-сырьевой базы, доступности и ликвидности запасов и ресурсов условно можно разделить на три группы, различающиеся существом и содержанием задач по достижению сбалансированного использования и воспроизводства МСБ (см. таблицу).

*Первую группу* образуют полезные ископаемые, добыча которых полностью обеспечивает текущее внутреннее потребление и достигнутый уровень экспорта при ограниченном импорте



(политическом, технологическом, бартерном, но не вынужденном) — железные руды, медь, натриевые и калийные соли, алмазы, золото, платина, никель, цинк, молибден, ванадий, руды бора, магнезит. Стратегическая задача по минерально-сырьевой базе этой группы — обеспечить устойчивость нарастания добычи и ее компенсацию запасами с сохранением позиций на мировых минерально-сырьевых рынках. Угроза стабиль-

ности будущего минерально-сырьевого обеспечения по этой группе определяется близостью сроков исчерпания рентабельных эксплуатируемых запасов некоторых полезных ископаемых (россыпное и коренное золото, цинк, медь, никель, магнезит). В этой группе уровень угроз может быть снижен за счет освоения рентабельных, но не эксплуатируемых запасов, вовлечения в использование наиболее ликвидной части еще не-

### 1. Показатели состояния минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых

Полезные ископаемые	Экономическая доступность запасов, %		Состояние фонда недропользования, %		Основные производители минерального сырья	
	Рента- бельные	Нерента- бельные	Распреде- ленный	Нераспреде- ленный	Число	% добычи
<i>Группа I</i>						
Золото россыпное	82	18	65	35	18	31
Цинк	47	53	32	68	5	84
Золото коренное	88	12	68	32	6	72,5
Платина	44	56	92	8	1	90
Магнезит	76	24	88	12	1	92
Алмазы	75	25	85	15	2	100
Никель	44	56	92	8	1	90
Молибден	69	31	52	48	1	73
Ванадий	90	10	89	11	1	95
Борные руды	89	11	90	10	1	100
Калийные соли	56	45	44	56	2	100
Фосфатное сырье	72	28	35	65	3	100
Медь	50	50	62	38	9	100
Графит	100		84	16	2	100
Железные руды	72	28	58	42	5	73,1
Натриевые соли	100		40	60	5	88
<i>Группа II</i>						
Вольфрам	20	80	55	45	2	65
Плавиковый шпат	80	20	83	17	1	84
Брусит	100		100		1	100
Свинец	25	75	60	40	2	75
Кварцевое сырье	56	45	95	5	9	100
Марганцевые руды	30	70	9	91	1	79
Бентонит	50	50	100		2	100
Барит	73	27	99	1	3	100
Хромовые руды	100		100		2	73
Олово	27	73	27	73	1	90
Каолин	50	50	70	30	3	95
Бокситы	52	48	50	50	1	70
<i>Группа III</i>						
Цирконий	27	73	75	25		
Тантал	45	55	26	74		
Ниобий	8	92	21	79		
Титановые руды	31	69	80	20		



распределенного фонда, «реанимации» части нераспределенного фонда недр, оказавшейся в современных экономических условиях России неликвидной, на основе разработки инновационных высокоэффективных технологий освоения, получения прироста запасов не только недропользователями, но и федеральным бюджетом (разведка) на новых площадях.

Во *вторую группу* входят полезные ископаемые, добыча которых лишь частично обеспечивает внутреннее потребление, во многом зависящее от импорта. Показательно, что добыча этих полезных ископаемых ведется в недостаточных объемах при наличии значительных запасов, обладающих относительно низким качеством (руды марганца, хрома, свинец, олово, барит, каолин, особо чистое кварцевое сырье, бентонит, кристаллический графит, флюорит, фосфориты).

Для полезных ископаемых этой группы остается актуальной задача выявления более качественных месторождений, хотя геологические предпосылки для этого пока ограничены. В то же время требуется оценка возможности федеральной поддержки вовлечения в эксплуатацию уже давно разведанных крупных запасов марганцевых руд, свинца, хрома, а также возобновления добычи олова на «замороженных» предприятиях Востока страны.

В *третью группу* входят титан, тантал, ниобий, цирконий, отечественное потребление которых обеспечивается главным образом за счет импорта (преимущественно в изделиях) при весьма ограниченной добыче, несмотря на крупные запасы относительно низкосортных руд.

Улучшение качественных характеристик минерально-сырьевой базы этих полезных ископаемых по чисто геологическим причинам в принципе возможно, но маловероятно. Освоение разведанных запасов требует реализации мер экономического протекционизма.

*Первоочередными приоритетами* в федеральном финансировании ГРР ранних стадий обладают полезные ископаемые первой группы с надвигающимися сроками истощения рентабельных эксплуатируемых запасов — алмазы, золото (коренные и россыпные месторождения), платиноиды (коренные и россыпные месторождения), никель, фосфатное сырье и калийные соли (в пределах сельскохозяйственной зоны).

Задачи сводятся к укреплению и расширению сырьевой базы за счет реализации создаваемого поискового задела с целью удержания и наращивания достигнутых уровней внутреннего потребления и экспорта.

*Вторым уровнем приоритетности* (в силу собственно геологических факторов) обладают полезные ископаемые, потребление которых обеспечивается за счет импорта из-за недостатка запасов, невысокого их качества, неблагоприятных географо-экономических условий — руды марганца, хрома, титана, особо чистый кварц, цирконий, флюорит, барит, бентонит, каолин.

Основные задачи видятся в выявлении новых сырьевых баз с целью снижения импортной зависимости ключевых отраслей промышленности и экономики России в целом.

По остальным твердым полезным ископаемым требуется решение локальных задач, связанных с поддержанием мощностей отдельных добывающих предприятий и сохранением занятости населения, особенно в геополитически напряженных и удаленных регионах (Северный Кавказ, Дальний Восток и др.).

Для достижения сбалансированного развития МСБ в соответствии с основами федеральной минерально-сырьевой политики, направленной на устойчивое минерально-сырьевое обеспечение российской экономики и, прежде всего, на улучшение состояния ее минерально-сырьевой базы, федеральный бюджет должен принимать на себя в основном инвестиционные риски ранних стадий геологоразведочных работ, в результате которых воспроизводится фонд лицензионного недропользования для будущего получения приростов запасов за счет в основном внебюджетных источников, а также в необходимых случаях и федерального бюджета.

В рамках средне- и долгосрочной программ использования и воспроизводства разработаны мероприятия, направленные на достижение устойчивого баланса между потреблением минеральных ресурсов и их запасами по модели простого воспроизводства (как минимум). Для этого необходимо решать следующие главные задачи:

целевое выявление перспективных площадей, их опосредованное и оценка, достаточная для включения в лицензионный фонд и дальнейшего получения прироста запасов (по большинству ликвидных полезных ископаемых основные приросты ожидаются за рубежом 2010 г.);

создание альтернативных сырьевых баз за счет выявления месторождений известных и нетрадиционных типов руд для формирования стабильной национальной минерально-сырьевой базы, включая создание фонда недр будущих поколений;

укрепление минерально-сырьевых баз действующих предприятий с целью улучшения или ста-



билизации их работы и нормализации социально-экономических условий в отдельных регионах России;

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

Приоритетность субъектов Российской Федерации и перспективных регионов по изучению и воспроизводству минерально-сырьевой базы определяется не только геологическими, но также экономическими и социально-политическими показателями: обеспечением поступлений в бюджет, геополитическими интересами в окраинных регионах страны, снижением социальной напряженности в отдельных регионах (золото, алмазы, металлы платиновой группы); снижением импортозависимости, удовлетворением потребностей национальной экономики, развитием отечественных производительных сил (марганец, хром, бокситы, барит, бентонит, флюорит); улучшением качества и расширением минерально-сырьевых баз действующих предприятий цветной металлургии, испытывающих острый дефицит сырья, с обеспечением поддержки уровней текущей добычи (медь, свинец, цинк, олово, вольфрам); созданием фонда недр будущих поколений (платиноиды, никель, кобальт), эффективной минерально-сырьевой базы для обеспечения высоких технологий в промышленности (тантал, ниобий, особо чистое кварцевое сырье), базы агрохимической промышленности, приближенной к сельскохозяйственным регионам (фосфатное сырье, калийные соли).

Реализация программных мероприятий должна обеспечить к 2020 г. простое воспроизводство запасов важнейших полезных ископаемых и расширенное воспроизводство их минерально-сырьевой базы за пределами 2020 г. (рис. 2).

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 интересуют ликвидное минеральное сырье, которое может обеспечить возврат капиталовложений в короткие сроки. Поэтому ос-

новное внимание вызывают проекты по благородным металлам. По опубликованным данным, сегодня в золоторудные месторождения России инвестиции вкладывают девять иностранных компаний, среди которых такие известные, как Bema Gold (Канада), Peter Hambro (Великобритания) 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 «Норникель» — 426 млн. дол. (62%), при средней цене приобретенных запасов и ресурсов немногим более 1 дол./г, в том числе ОАО «Норникель» — 0,35 дол./г.

В рамках разработанных среднесрочной и долгосрочной программ широкое поле деятельности могут найти не только российские компании и банки, но и зарубежные, приобретая право недропользования на любой стадии ГРП в соответствии с программами лицензирования. Динамичность этому процессу должна придать новая концепция закона «О недрах», разработанная МПР России и прошедшая обсуждение на парламентских слушаниях в ноябре 2004 г. Концепция направлена на либерализацию правового поля недропользования, в частности на упрощение процедуры передачи прав пользования недрами с введением аукционной системы и сокращением сроков оформления лицензий, признание за недропользователями прав на разведку и эксплуатацию открытых ими месторождений, что является одним из важных факторов сокращения федеральных затрат на опережающие работы (включая поисковую стадию).

В российской золотодобыче медленно набирает силы процесс укрупнения и диверсификации золотодобывающих компаний, радикально меняющий расстановку сил в отрасли. В 2004 г. более 60% производства золота обеспечивали шесть компаний, среди которых горнометаллургический гигант «Норильский Никель» является безусловным лидером (30%). Покупка ОАО «Норникель» Наталкинского месторождения вывела компанию в самые крупные в России по суммарной рудной базе (более 1000 т).

Успешно продвигается по пути освоения месторождений МНПО «Полиметалл», добывшее в 2004 г. 9,5 т золота (Воронцовское, Дукат, Хаканджинское). На одну четверть (до 5 т) увеличил добычу Покровский рудник. Как и ожидалось, существенно (на 27,5%) снизила добычу Омолонская компания (Кубака), прекращена добыча на Наталкинском месторождении. В целом за 2004 г. добыча золота из коренных месторож-



дений выросла на 3,6%, что соответствует темпам, заложенным в долгосрочную государственную программу.

Минерально-сырьевая база золота России (включая запасы и прогнозные ресурсы) по своей массе достаточна для наращивания отечественной золотодобычи. Несмотря на это, ее рост за счет добычи золота из коренных месторождений в последние два года затормозился, что обусловлено главным образом исчерпанием резервных объектов (кроме Сухого Лога) и отставанием геологоразведочных работ по выявлению альтернативных сырьевых баз. Динамичный рост может быть обеспечен при условии увеличения финансирования геологоразведочных работ для получения прироста запасов.

Сырьевая база россыпных месторождений вследствие длительной интенсивной эксплуатации истощена, тем более, что фактическое прекращение федеральной поддержки развития сырьевой базы россыпного золота в последние годы привело к ее ускоренному сокращению. За 10 лет реформ база россыпей уменьшилась на 250 т (более трехгодовой добычи). По сравнению с 2001 г. (пиковый) добыча упала на 8%. Однако потенциал россыпной золотоносности за счет реализации прогнозных ресурсов может еще длительный период служить существенным вкладом в отечественную золотодобычу, поскольку балансовые запасы россыпей и прогнозные ресурсы соотносятся 0,75:1 и при этом 54% ресурсов относятся к наиболее изученной и оцененной категории  $P_1$ .

Сегодня и в среднесрочной перспективе федеральные интересы по золоту определяются прежде всего необходимостью усиления целевых опережающих работ для создания нового ликвидного фонда объектов недропользования с передачей выявленных объектов в разведку после 2010 г., обнаружения экономически доступных для освоения объектов, в первую очередь коренных месторождений традиционных типов в районах с развитой инфраструктурой, малораспространенных в России и нетрадиционных типов, допускающих крупнообъемную добычу руд на основе инновационных технологий, россыпных месторождений в недостаточно изученных районах и в зонах интересов действующих предприятий для поддержания их добывающих мощностей.

Стратегические мероприятия по золоту нацелены на сохранение за Россией на длительную

перспективу лидирующего положения в мире по его производству. Реализация мероприятий позволит:

заложить фундаментальные основы для создания альтернативных сырьевых баз, которые восполнят сырьевую базу за рубежами 2010 и 2020 гг. и явятся также минерально-сырьевым ресурсным фондом будущих поколений;

локализовать уже выявленные прогнозные ресурсы на перспективных площадях и на их основе подготовить объекты для лицензирования и воспроизводства запасов после 2010 г., в том числе в зонах действующих предприятий с недостаточной сырьевой базой;

стабилизировать убывающую сырьевую базу россыпного золота в традиционных районах и выявить возможности восполнения сырьевой базы за счет новых районов и нетрадиционных типов россыпей, включая коры химического выветривания.

#### СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Беневольский Б.И. Золото России. Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. — М.: Геоинформмарк, 2002.
2. Беневольский Б.И., Кривцов А.И. Развитие и освоение сырьевой базы золота в основных добывающих регионах мира и России: ретроспектива и прогноз // Минеральные ресурсы России. 2003. Спецвыпуск. С. 8–17.
3. Беневольский Б.И., Кривцов А.И. Долгосрочная стратегия развития геологоразведочных работ на золото // Минеральные ресурсы России. 2004. Спецвыпуск. С. 8–13.
4. Кривцов А.И. Минерально-сырьевая база на рубеже веков — ретроспектива и прогноз. — М.: Геоинформмарк, 1999.
5. Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Минаков В.М. Национальная минерально-сырьевая безопасность. — М.: ЦНИГРИ, 2000.
6. Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Зиннатуллин М.З. Долгосрочные тенденции использования и развития минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов и их влияние на инвестиционную привлекательность отечественных месторождений // Отечественная геология. 2002. № 2. С. 37–45.
7. Кривцов А.И. Минерально-сырьевые ресурсы и сбалансированное развитие — зарубежный опыт // Отечественная геология. 2004. № 1. С. 38–44.
8. Мировая минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов: 1970–2000–2025 / А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, Б.И.Беневольский и др. — М.: ЦНИГРИ, 2003.



Рисунки к статье Ю.П.Трутнева «О долгосрочной государственной программе изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (2005–2010 г. и до 2020 г.)»

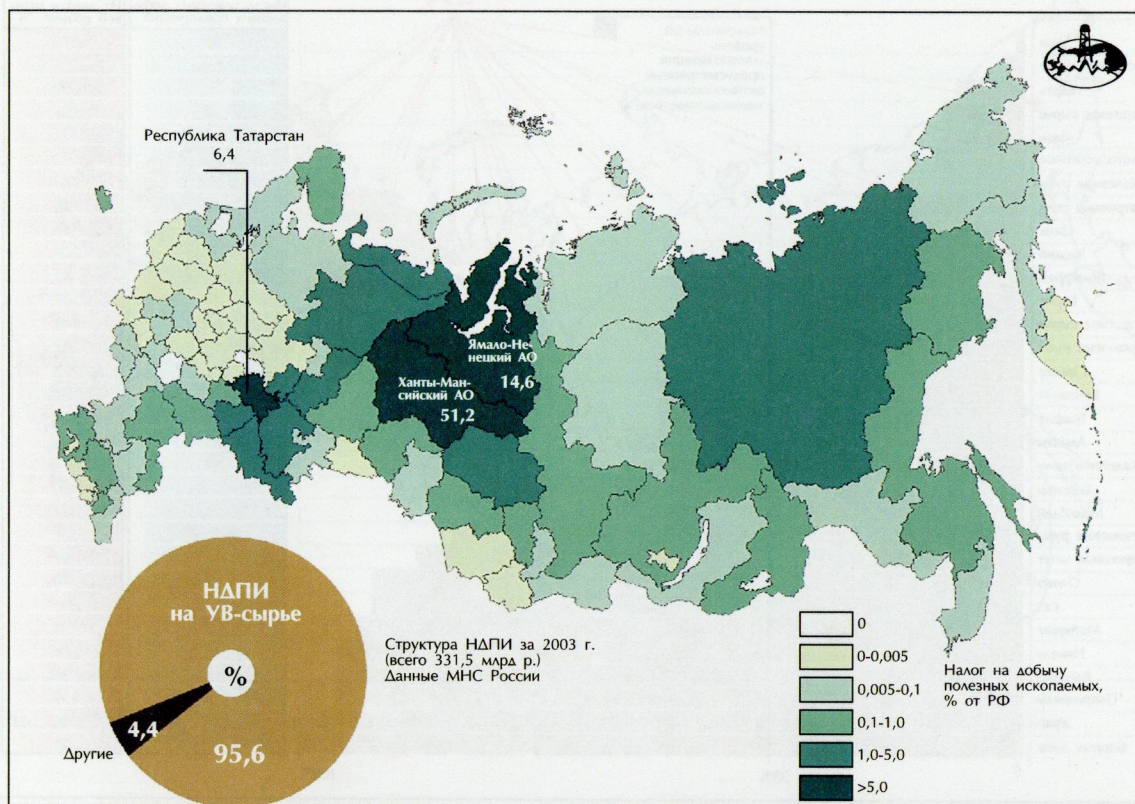


Рис. 1. Распределение налога на добычу полезных ископаемых по субъектам Российской Федерации

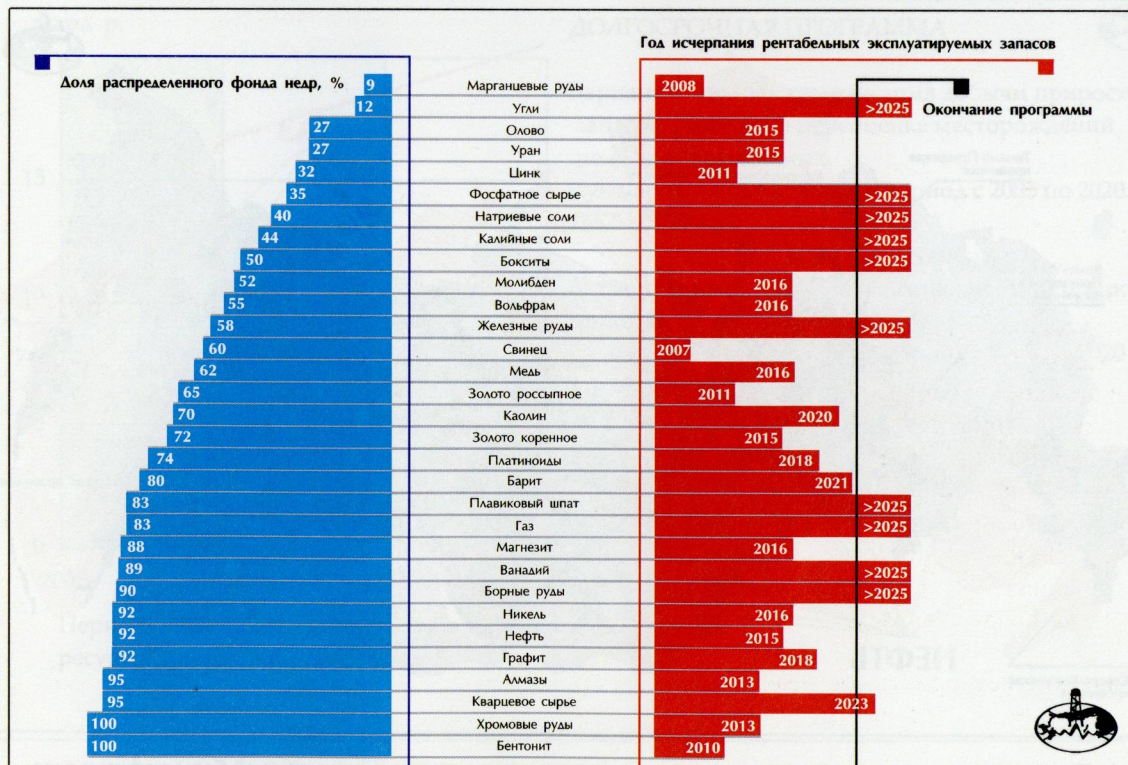


Рис. 2. Современное состояние запасов основных видов полезных ископаемых



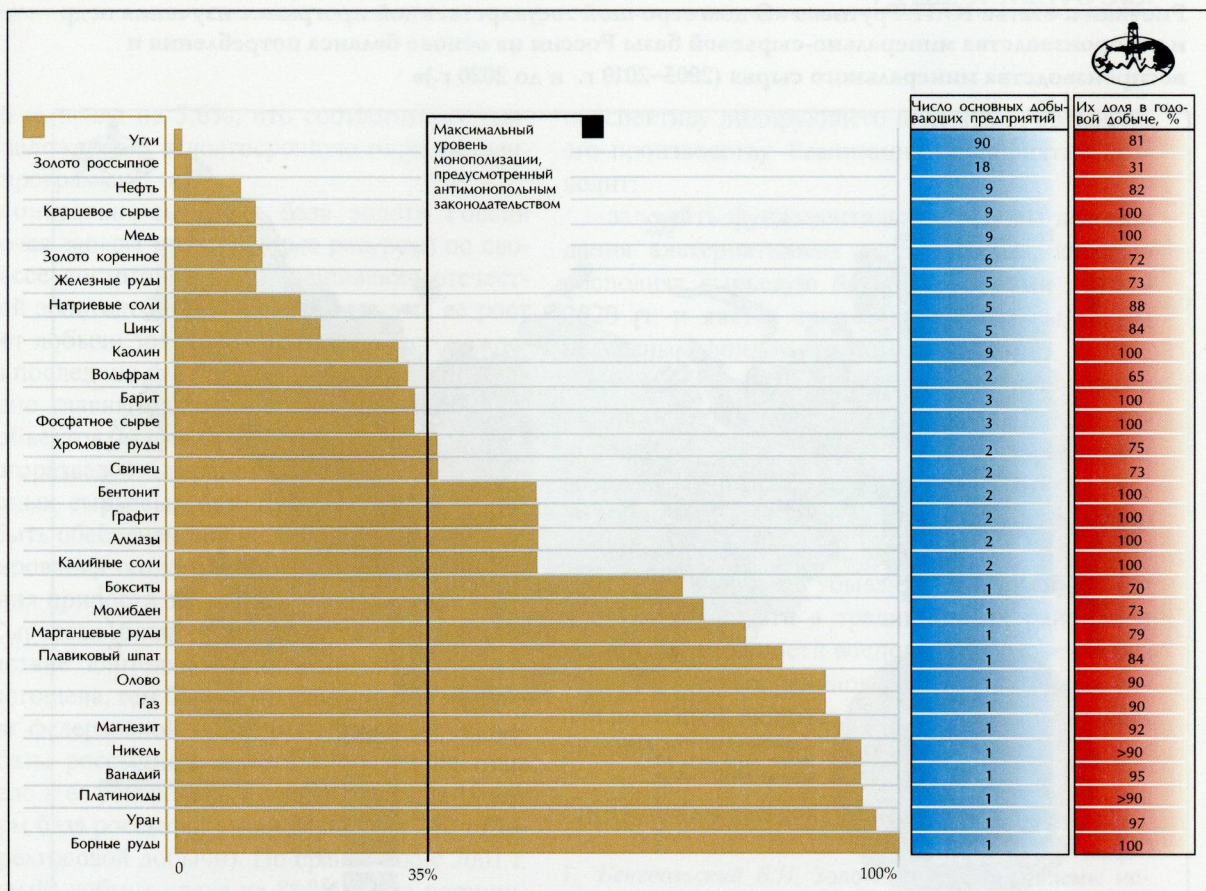


Рис. 3. Уровень монополизации добычи основных видов полезных ископаемых

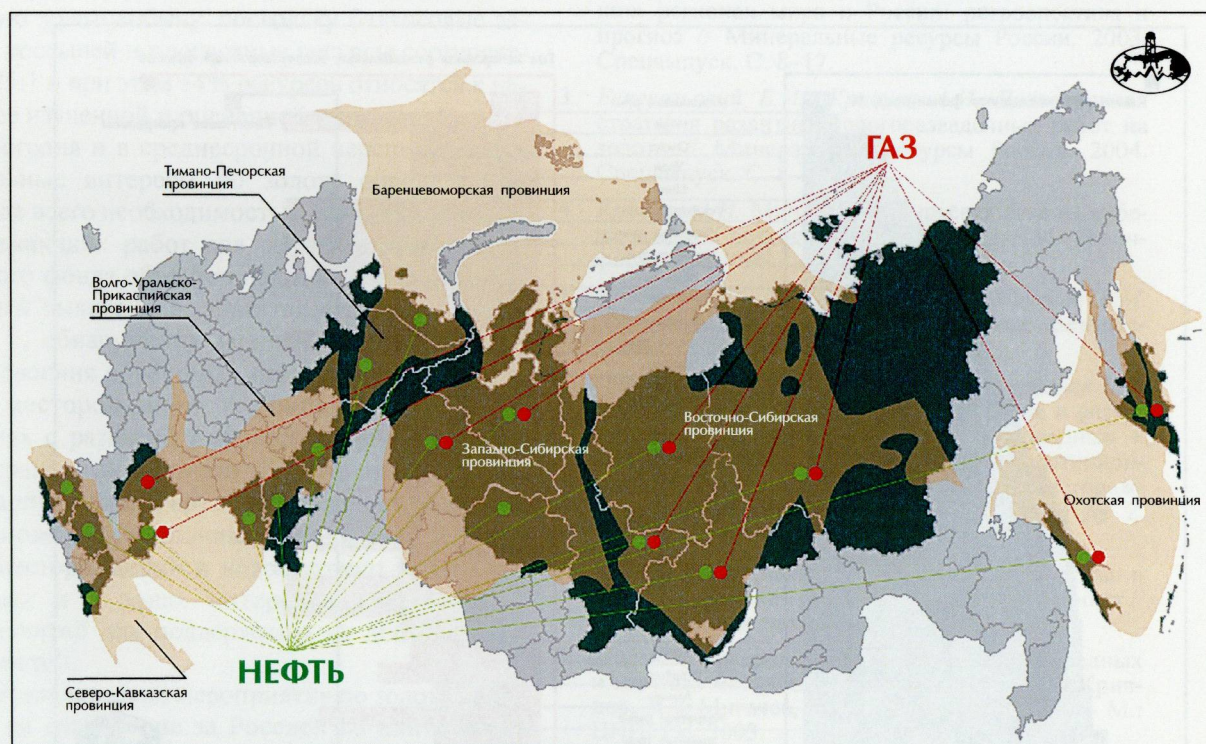


Рис. 4. Приоритетные регионы по изучению и воспроизводству минерально-сырьевой базы нефти и газа



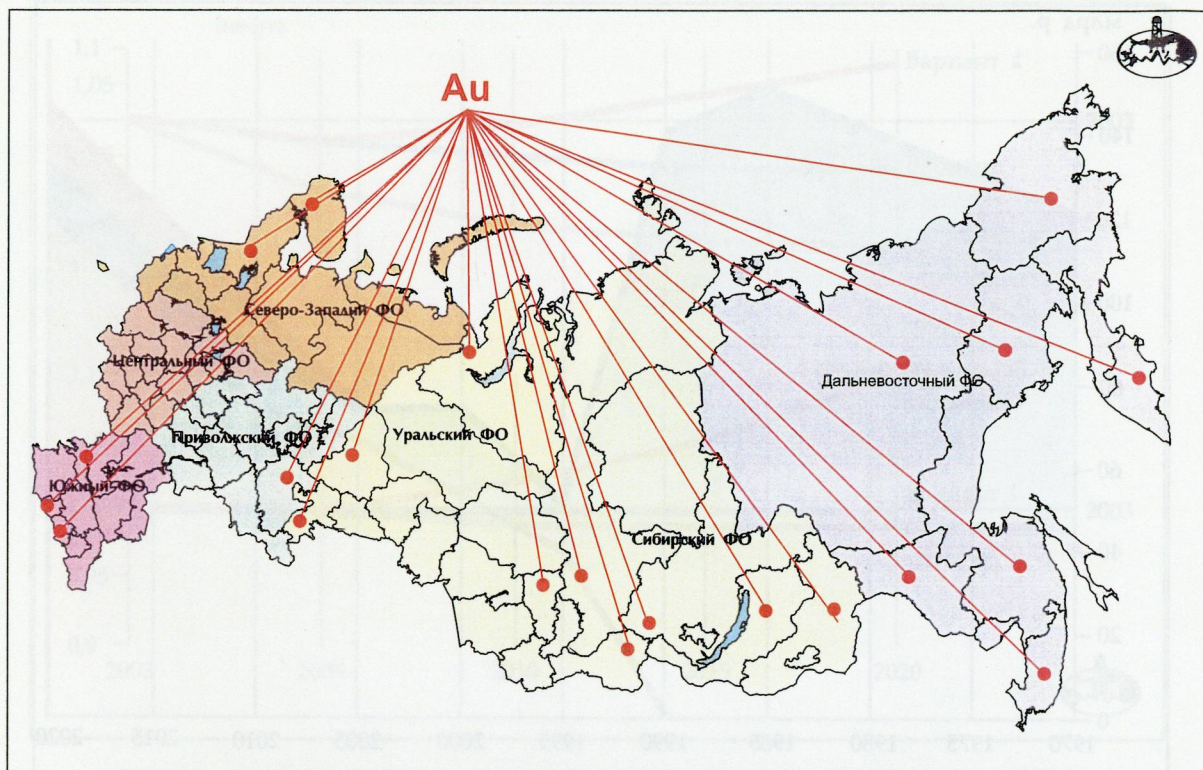


Рис. 5. Приоритетные регионы по изучению и воспроизводству минерально-сырьевой базы золота



Рис. 6. Расчетные затраты федерального бюджета на выполнение программы



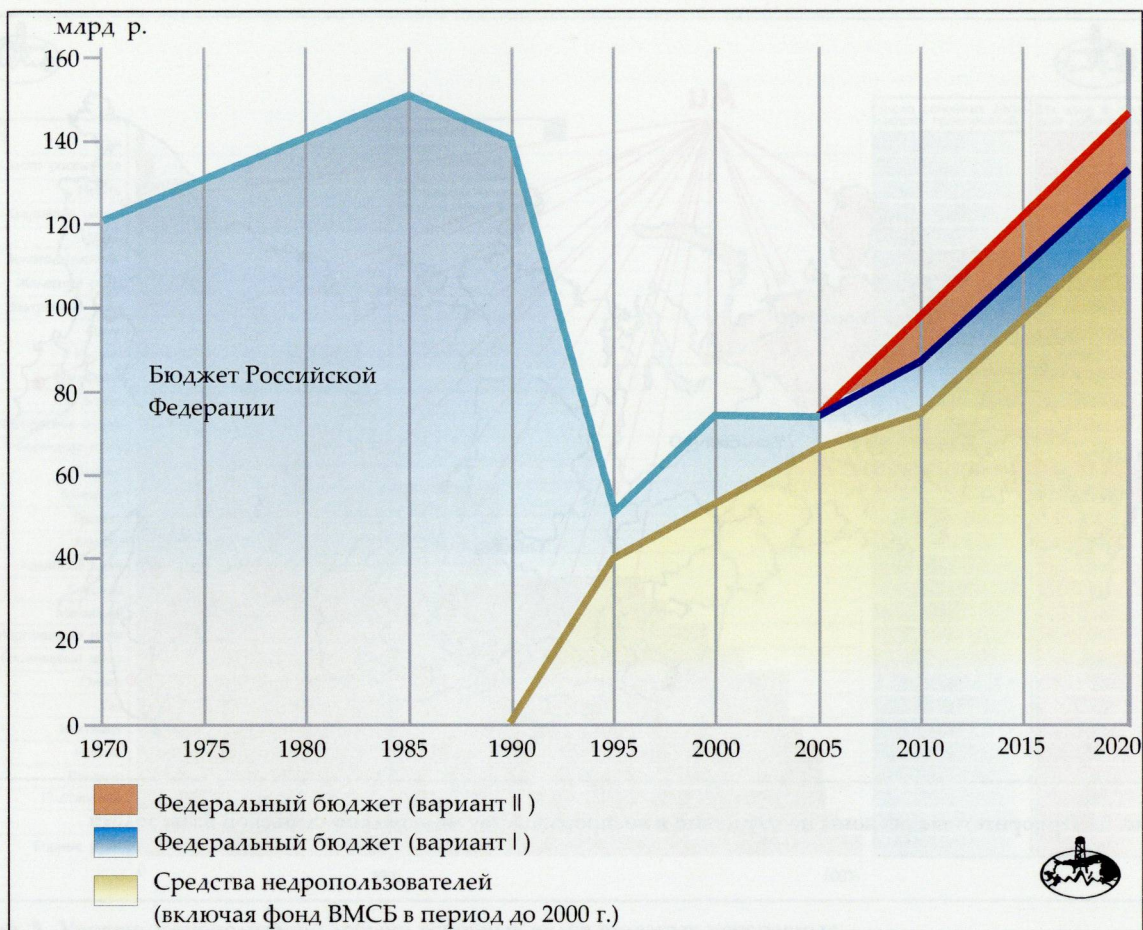


Рис. 7. Объемы финансирования геолого-разведочных работ (ретроспектива и прогноз)

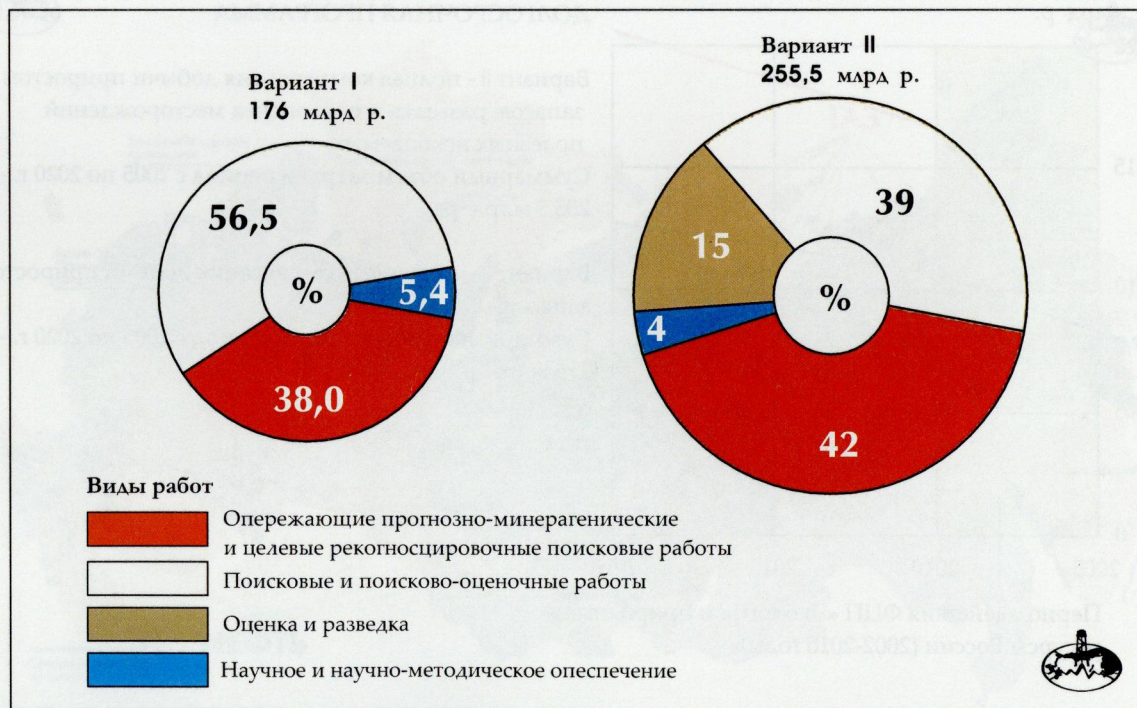


Рис. 8. Распределение затрат федерального бюджета по этапам и видам геолого-разведочных работ



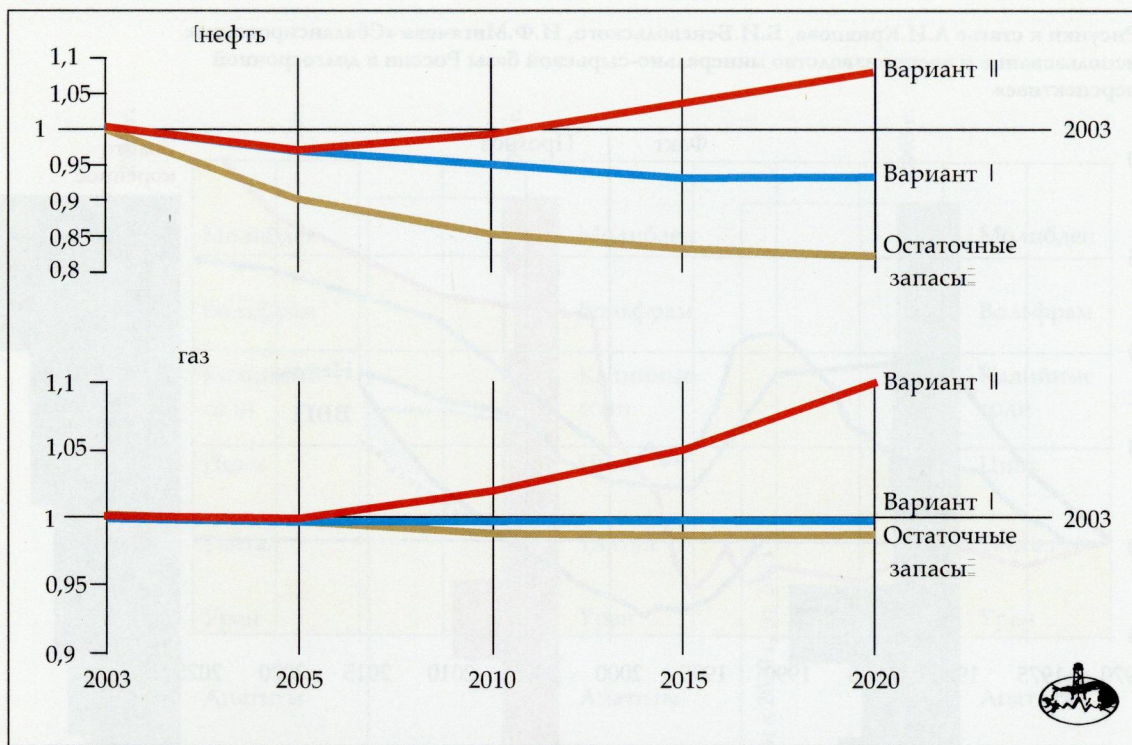


Рис. 9. Прогнозируемое состояние запасов нефти и газа (запасы 2003 г. приняты за единицу)

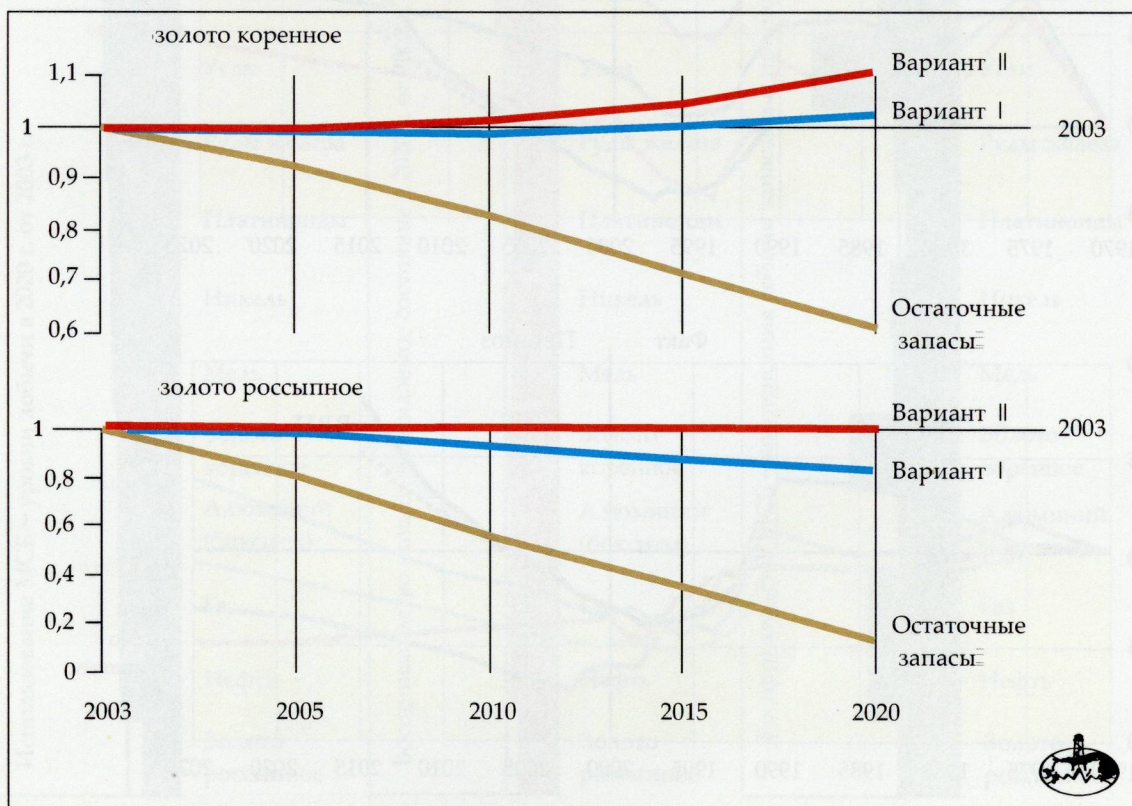


Рис. 10. Прогнозируемое состояние запасов золота (запасы 2003 г. приняты за единицу)



Рисунки к статье А.И.Кривцова, Б.И.Беневольского, И.Ф.Мигачева «Сбалансированное использование и воспроизводство минерально-сырьевой базы России в долгосрочной перспективе»

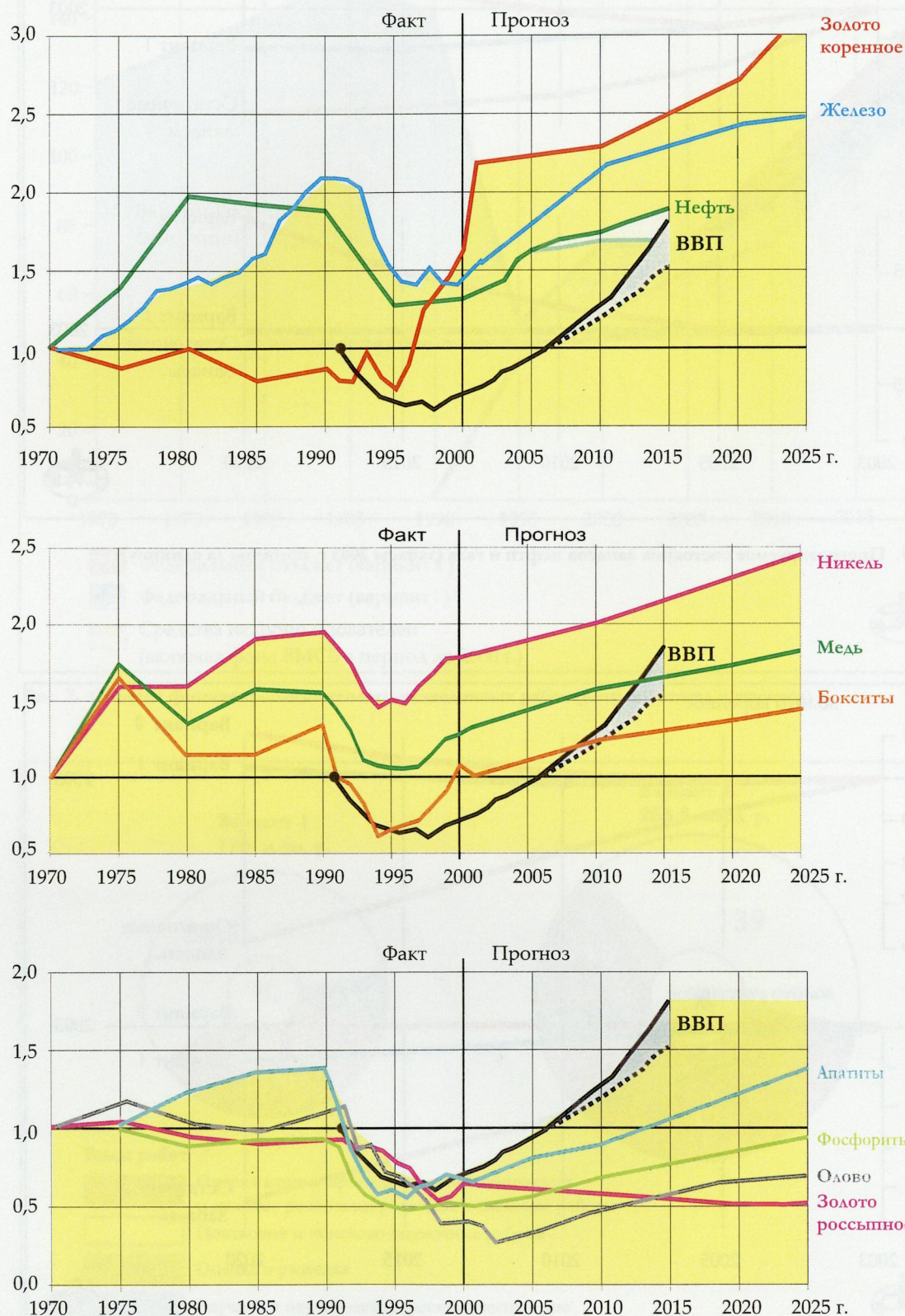


Рис. 1. Ретроспектива и прогноз добычи нефти, железа, золота коренного, никеля, меди, бокситов, олова, золота россыпного, фосфоритов, апатитов по отношению к ВВП России



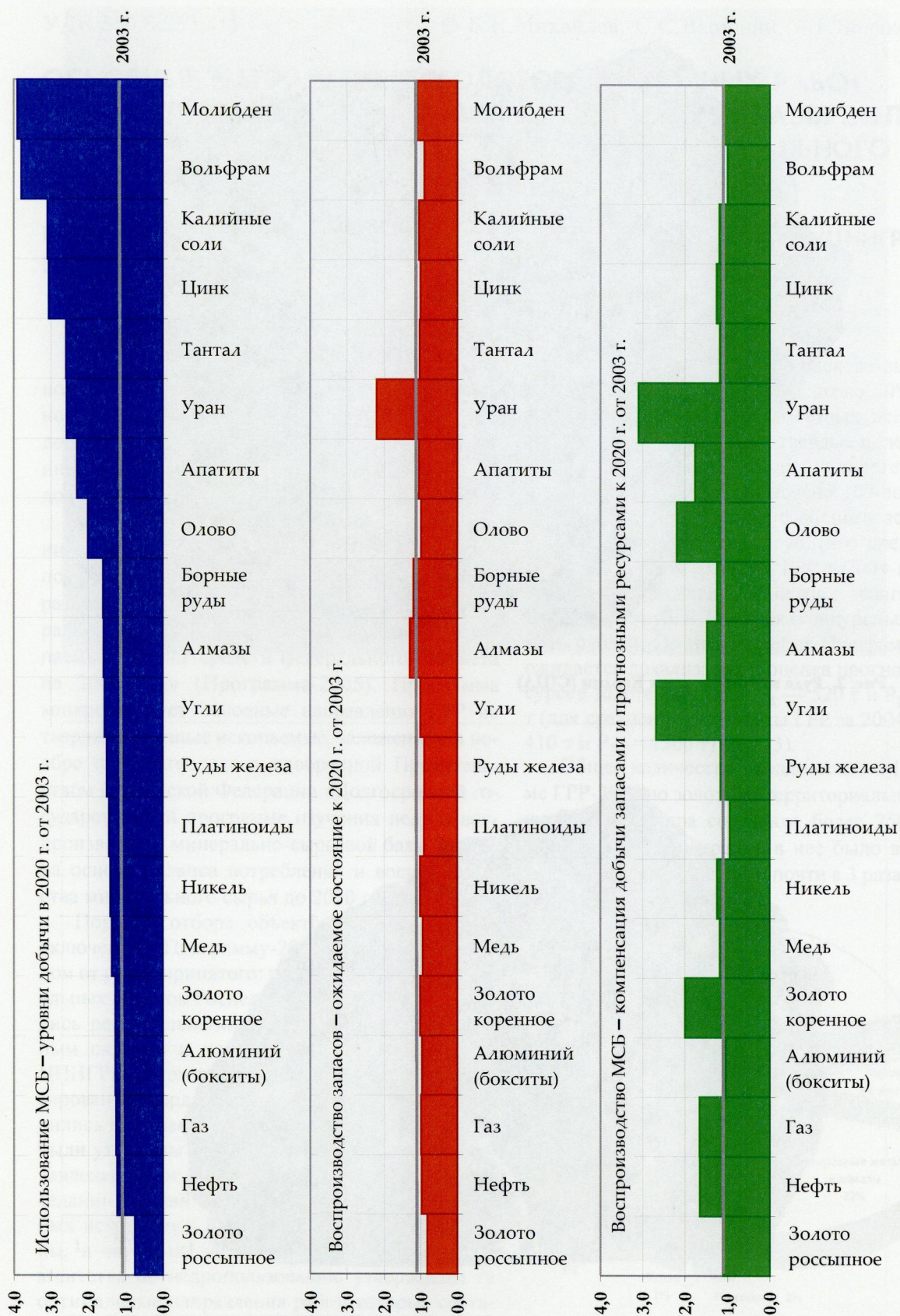


Рис. 2. Показатели реализации программных мероприятий по основным полезным ископаемым





Рис. 2. Руда месторождения Карлин (США)



Рис. 3. Кварц-пиритовая руда месторождения Хемло (Канада)



УДК 550.8:553.411

© Б.К.Михайлов, С.С.Вартанян, А.Г.Волчков, 2005

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПО ВОСПРОИЗВОДСТВУ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА НА 2005 ГОД

Б.К.Михайлов (Роснедра МПР России), С.С.Вартанян, А.Г.Волчков (ЦНИГРИ МПР России)

С первых дней существования ЦНИГРИ одной из главных его задач была подготовка обоснований по выбору направлений геологоразведочных работ на золото. Свою роль головного института по золоту в стране ЦНИГРИ сохранил до настоящего времени.

Федеральным агентством по недропользованию (Роснедра) с участием ФГУП «ЦНИГРИ» подготовлена и утверждена «Программа геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых за счет средств федерального бюджета на 2005 год» (Программа-2005). Программа конкретизирует основные направления ГРП на твердые полезные ископаемые, заложенные в ноябре прошлого года в одобренной Правительством Российской Федерации «Долгосрочной государственной программе изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья до 2020 года».

Порядок отбора объектов (площадей) для включения в Программу-2005 не отличался в целом от ранее принятого: предложения территориальных органов Роснедра субъектов РФ обобщались региональными агентствами по федеральным округам и направлялись на экспертизу в ЦНИГРИ. Затем в Управлении геологии и лицензирования твердых полезных ископаемых проводились совещания по федеральным округам, где были уточнены и рекомендованы основные направления работ. На заключительной стадии на заседании Секции НТС Роснедра по видам полезных ископаемых были приняты и рекомендованы, а затем на заседании НТС Федерального агентства по недропользованию утверждены те оптимальные направления работ, которые составили основу Программы 2005 года.

В Программе-2005, как и в последние годы, доля бюджетных ассигнований, направляемых

на прогнозно-поисковые и поисково-оценочные работы на золото, составляет около 20% от затрат на ГРП на все виды полезных ископаемых (рис. 1) и более 70% — на твердые полезные ископаемые (исключая топливно-энергетическое сырье) (рис. 2). В нее включено 107 золоторудных объектов (площадей) с общими ассигнованиями около 1,355 млрд. руб. (что превосходит почти в 2 раза затраты на ГРП в 2004 г.), в том числе 36 переходящих объектов с ассигнованиями 586 млн. руб. и 72 новых (конкурсных) — 769 млн. рублей. По итогам работ Программы-2005 ожидается локализация и оценка прогнозных ресурсов золота категорий  $P_1$  — 520 т и  $P_2$  — 2300 т (для сравнения результаты ГРП за 2004 г.:  $P_1$  — 410 т и  $P_2$  — 1500 т) (рис. 3).

Общее количество предложений к Программе ГРП-2005 по золоту от территориальных организаций Роснедра составило более 250. После детального рассмотрения в нее было включено лишь 72 предложения, что почти в 3 раза больше,

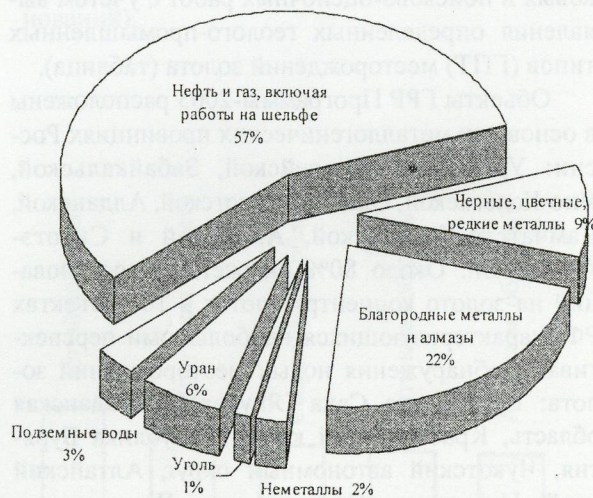


Рис. 1. Структура затрат на воспроизводство минерально-сырьевой базы по видам полезных ископаемых в 2005 г. (федеральный бюджет)



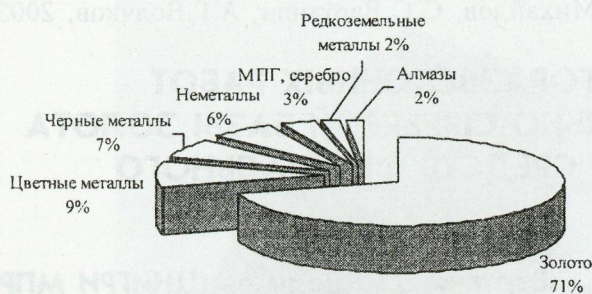


Рис. 2. Структура затрат на воспроизводство минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых (исключая топливно-энергетическое сырье) в 2005 г.

чем в 2004 г. Столь значительное число новых объектов в Программе-2005 объясняется включением в нее объектов ГРР, проводившихся ранее в рамках территориальных программ за счет средств субъектов РФ (около 50% от общего количества новых объектов). Это обстоятельство предопределило необходимость применения для оценки значимости объектов из территориальных программ критериев, разработанных для объектов федерального уровня.

Выбор объектов (площадей) геологоразведочных работ для включения в Программу-2005 определяется конъюнктурой минерального сырья, состоянием минерально-сырьевой базы России и приоритетностью территорий (субъектов РФ) по величине оцененных прогнозных ресурсов золота для производства прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ с учетом выявления определенных геолого-промышленных типов (ГПТ) месторождений золота (таблица).

Объекты ГРР Программы-2005 расположены в основных металлогенических провинциях России: Уральской, Енисейской, Забайкальской, Яно-Колымской, Охотско-Чукотской, Алданской, Камчатско-Курильской, Амурской и Сихотэ-Алинской. Около 80% бюджетных ассигнований на золото концентрируются в 10 субъектах РФ, характеризующихся наибольшими перспективами обнаружения новых месторождений золота: Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Красноярский край, Республика Бурятия, Чукотский автономный округ, Алтайский край, Иркутская, Свердловская, Читинская и Амурская области (рис. 4).

При выборе золоторудных объектов (площадей) для включения в федеральную Программу-2005 рассматривались три геолого-промышленных типа эндогенных месторождений золота, которым принадлежит ведущая роль в минерально-сырьевой базе России (см. таблицу): золото-сульфидные и золото-кварцевые в углеродисто-терригенных и терригенно-карбонатных комплексах мио- и мезогеосинклинальных зон; золото-серебряные в вулканоплутонических поясах и зонах тектономагматической активизации; золото-сульфидно-кварцевые в вулканогенно-осадочных и интрузивных комплексах эвгеосинклинальных зон.

Доля каждого типа месторождений в объеме проводимых и планируемых геологоразведочных работ (ассигнования, приросты прогнозных ресурсов) для поддержания и воспроизводства минерально-сырьевой базы, а также создания поискового задела по сравнению с 2004 г. в принципе сохраняется при небольших колебаниях (см. таблицу).

По эндогенным геолого-промышленным типам практически сохраняются те же тенденции, которые были заложены в 2004 г. — доли выделяемых ассигнований по ГПТ и локализуемых в результате проведенных ГРР прогнозных ресурсов приблизительно пропорциональны.

Основные объемы ассигнований (49–63%) направляются на геологоразведочные работы для выявления большеобъемных месторождений золото-сульфидных и золото-кварцевых руд, локализованных в терригенных и терригенно-карбонатных комплексах (Урал, Республика Башкортостан, Красноярский край, Горный Алтай, Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Северо-Байкальский район и др.). Эти месторождения при невысоких содержаниях золота (2–4 г/т), как правило, характеризуются значительными запа-

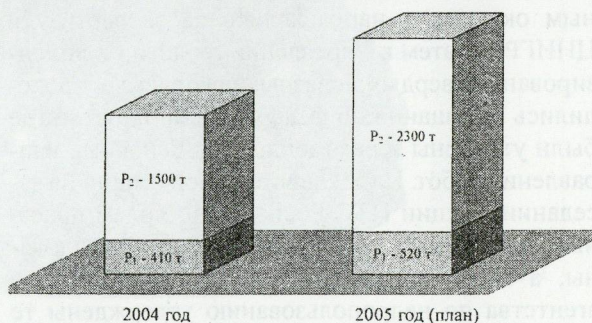


Рис. 3. Результаты локализации и оценки прогнозных ресурсов золота в 2004–2005 гг.



Доля геолого-промышленных типов месторождений золота в общих прогнозных ресурсах России, в ассигнованиях на геологоразведочные работы и в ожидаемых прогнозных ресурсах, оцениваемых по результатам ГРП (классификация ГПТ по Ю.М.Щепотеву, Г.П.Воларовичу, 1985; Б.И.Беневольскому и др., 2002)

ГПТ \ Доля ГПТ	В прогноз- ных ресур- сах, %	ГРР 2004 г.		ГРР 2005 г.	
		В ассиг- нованиях, %	В приросте прогнозных ресурсов категорий Р <sub>1</sub> и Р <sub>2</sub>	В ассигно- ваниях, %	В приросте прогнозных ресурсов категорий Р <sub>1</sub> и Р <sub>2</sub>
Эндогенные месторождения					
Золото-сульфидные и золото-кварце- вые в углеродисто-терригенных и тер- ригенно-карбонатных комплексах	29	63	69	49	53
Золото-серебряные в вулканоплутони- ческих поясах и зонах тектономагмати- ческой активизации	28	18	13	10	11
Золото-сульфидно-кварцевые в вулка- ногенно-осадочных и интрузивных комплексах	26	15	14	18	25
Золото-сульфидно-кварцевые и золото- кварцевые в древних зеленокаменных поясах	1	2	2	2	2
Экзогенные месторождения					
Золотоносных кор выветривания и окисленных руд	5	2	2	5	6
Россыпи	11	—	—	16	3

сами (100 т и более) и могут обеспечить устойчивую минерально-сырьевую базу горнодобывающих предприятий, определяющих развитие целых регионов. Сложившееся распределение ассигнований по геолого-промышленным типам находится в некотором дисбалансе с существующей структурой прогнозных ресурсов золота России — рассматриваемые ГПТ характеризуются примерно равными количествами прогнозных

ресурсов (29–26%), что объясняется сокращением подготовленных площадей для постановки поисковых работ на золото-серебряное оруденение в пределах вулканоплутонических поясов России. Впервые за последние несколько лет в Программе-2005 существенно возросла доля экзогенных месторождений (золотоносные коры выветривания и россыпи — 16% от общих ассигнований).

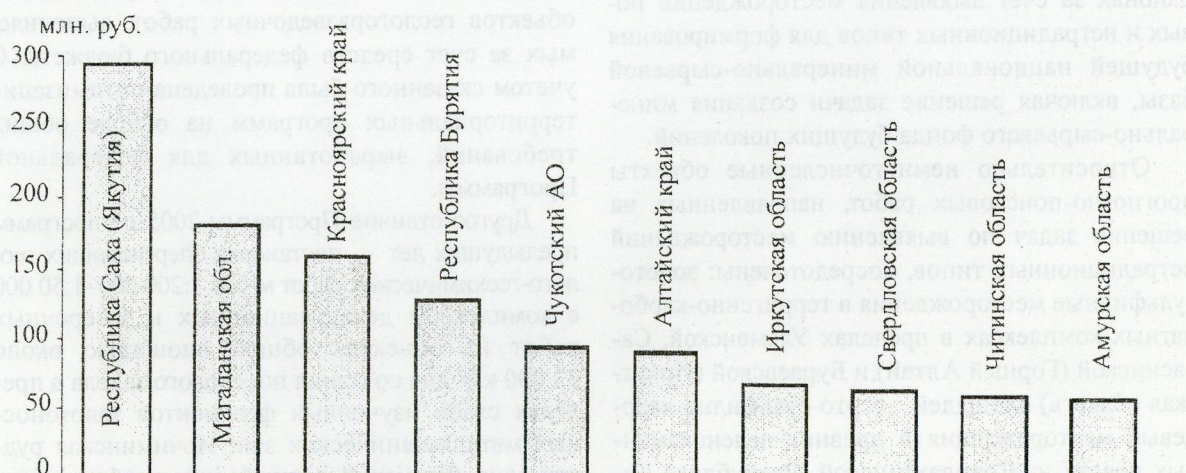


Рис. 4. Распределение ассигнований на геологоразведочные работы на золото по субъектам РФ в 2005 г.



Объекты (площади), включенные в Программу-2005, нацелены на решение следующих задач.

1. Укрепление минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий, расширение инвестиционно привлекательного фонда недропользования, выявление перспективных площадей, их опоискование и предварительная оценка с включением в территориальные программы лицензирования для получения прироста запасов за счет средств недропользователей.

На решение этой задачи ориентированы поисково-оценочные работы более чем на 70% объектах Программы-2005, локализованных в пределах основных золотоносных зон территории РФ — на Северо-Востоке, в Республике Саха (Якутия), на юге Сибири, Урале, Северном Кавказе и в Забайкалье.

Актуальность решения этой задачи подтверждена тем фактом, что в течение последних трех лет, еще до завершения поисковых работ на объектах, финансируемых за счет средств федерального бюджета, наиболее перспективные площади были лицензированы или включены в территориальные программы лицензирования: Купольное рудное поле на Чукотке, Бахтарнакская, Нижнеорловская, Уряхская, Коневинская площади в Северо-Байкальском экономическом районе, Сосьвинско-Волчанская и Кедровская площади на Среднем Урале, участки Ялонварской площади в Карелии, участок Бодрый в Республике Эвенкия, Тетяевское рудное поле на о. Уруп (Курильские острова) и др.

2. Создание новых и альтернативных сырьевых баз преимущественно в нетрадиционных районах за счет выявления месторождений новых и нетрадиционных типов для формирования будущей национальной минерально-сырьевой базы, включая решение задачи создания минерально-сырьевого фонда будущих поколений.

Относительно немногочисленные объекты прогнозно-поисковых работ, направленных на решение задач по выявлению месторождений нетрадиционных типов, сосредоточены: золото-сульфидные месторождения в терригенно-карбонатных комплексах в пределах Ульменской, Сарасинской (Горный Алтай) и Бураевской (Иркутская область) площадей, золото-сульфидно-кварцевые месторождения в древних зеленокаменных поясах на Соанлахтинской (Республика Карелия) и Предивинской (Красноярский край)

площадях, золото-серебряные месторождения в вулканоплутонических поясах на Новофирсовской и Майско-Лебедской (Горный Алтай) площадях.

3. Расширение инвестиционно привлекательного фонда недропользования, закрепление национальных геополитических интересов, снятие социальной напряженности через формирование основ для новых рабочих мест на восточных окраинах России.

Немногочисленные объекты геологоразведочных работ по этому направлению проводятся на о. Уруп (Курильские острова), Чукотке, в приграничных с Китаем районах Приморского края и ряде других регионов.

Принципиальное отличие Программы-2005 по воспроизводству МСБ золота от федеральных программ предыдущих лет заключается в том, что в ней впервые сочетаются объекты федерального и регионального значения. Проведенное сравнение эффективности ГРР, выполняемых за счет средств федерального бюджета и субъектов РФ, показало, что в целом территориальные программы характеризуются значительно более низкой эффективностью. Это связано прежде всего с низким качеством обоснований постановки ГРР на объектах, планированием работ на площадях с незавершенными опережающими поисковыми работами предыдущей стадии, отсутствием на многих объектах ГРР в качестве конечного результата работ оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых категорий  $P_2$  и  $P_1$  и так далее. То есть упущены все те основополагающие позиции, которые находятся под пристальным вниманием отраслевых НИИ, осуществляющих методическое сопровождение объектов геологоразведочных работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета. С учетом сказанного была проведена оптимизация территориальных программ на основе общих требований, выработанных для федеральной Программы.

Другое отличие Программы-2005 от программ предыдущих лет — постановка опережающих геолого-геохимических работ масштабов 1:200 000–1:50 000 с комплексом детализационных и заверочных работ на объектах общей площадью около 33 000 км<sup>2</sup> для создания поискового задела в пределах слабо изученных фрагментов золотоносных металлогенических зон: Иочиминская рудная зона, Усинский рудный район, обрамление Шиндинского плутона (Красноярский край);



Малохинганская металлогеническая зона, Архаринская площадь (Амурская область); Западно-Харбейская и Малоуральская площади (ЯНАО); Пограничная площадь (Приморский край) и др.; Северо-Алтайская площадь.

Ожидаемый результат опережающих поисковых работ — локализация новых перспективных площадей с суммарной оценкой прогнозных ресурсов золота категории  $P_2$  330 т и разработка направлений дальнейших поисковых и оценочных работ в этих регионах.

И, наконец, еще одно важное отличие рассматриваемой Программы ГРР заключается в том, что впервые за последние годы в нее включены россыпные объекты. Необходимость проведения прогнозно-поисковых работ на россыпное золото за счет средств госбюджета диктуется тем, что при хронически падающей из года в год добыче золота из россыпей в структуре добычи золота России она все еще составляет около 40%, при обеспеченности разведанными запасами менее семи лет.

Вместе с тем, территориальные программы в большей мере были направлены на решение частных задач по приросту запасов россыпного золота категории  $C_2$ , оставляя практически без внимания подготовку поискового задела с оценкой прогнозных ресурсов золота категории  $P_2$ . В связи с этим при выборе россыпных объектов для включения в Программу-2005 приоритет отдавался объектам, нацеленным на выявление новых россыпных месторождений с оценкой прогнозных ресурсов категорий  $P_2$  и  $P_1$ .

Основные мероприятия Программы-2005 реализуют основные стратегические показатели «Долгосрочной государственной программы

изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья до 2020 года». Главная цель Программы — достижение воспроизводства погашенных запасов их приростами, что требует удвоения к 2010 г. федеральных затрат на ранние стадии ГРР, которые должны обеспечивать создание поискового задела и выявление инвестиционно привлекательных объектов недропользования. Показатели «Долгосрочного прогноза роста российской экономики (до 2015 г.)», разработанные правительственными органами страны, предусматривают рост производства сырья и материалов по крайней мере в 1,5 раза. Достижение этих рубежей требует заблаговременного создания поискового задела и его реализации в промышленные запасы. Важная роль в реализации этой стратегии отводится научно-методическому сопровождению прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ, успешно внедренному в действие аппаратом Роснедра и ведущими отраслевыми НИИ, представляющему собой начало перевода отечественной геологии на прогрессивные, инновационные по сути, комплексные технологии.

#### СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов.* Выпуск «Золото» / Отв. редактор Б.И.Беневольский. — М.: ЦНИГРИ, 2002.
2. *Щепотьев Ю.М., Воларович Г.П.* Типизация золоторудных месторождений для целей геолого-экономического анализа и прогнозирования // Тр. ЦНИГРИ. 1985. Вып. 203. С. 3–8.



УДК 553.41'491

© М.М.Константинов, Г.В.Ручкин, 2005

## НОВЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

М.М.Константинов, Г.В.Ручкин (ЦНИГРИ МПР России)

За истекшие десятилетия на территории США, Канады, в странах Латинской Америки, в Австралии и Китае выявлены, оценены и вовлечены в промышленное освоение значительные по масштабам месторождения благородных и цветных металлов, принадлежащие к новым и нетрадиционным типам, которые в России пока не известны, несмотря на наличие соответствующих металлогенических обстановок.

Коллективом ЦНИГРИ разработаны прогнозно-поисковые модели новых и нетрадиционных типов месторождений благородных и цветных металлов зарубежных стран и России. Их аналоги могут быть выявлены в нашей стране с учетом значительного разнообразия исходных геологических обстановок — от древних зеленокаменных поясов в архейско-протерозойских блоках коры до третичных вулканоплутонических поясов Тихоокеанской окраины. Соответственно, в моделирование была вовлечена информация по большой и разнообразной группе месторождений. Имеющиеся материалы не всегда полноценны: во многих случаях отсутствуют геофизические или геохимические данные. Эту недостаточность исходных данных авторы попытались возместить максимальным их комплексированием, включая в модели как геологические обстановки нахождения месторождений, прежде всего их геолого-формационное наполнение, так и признаковую систему — минералы-индикаторы и их ассоциации. В этой работе исполнители опирались на большой опыт системного моделирования, обобщенный в ряде монографий, развивая его применительно к золоторудным месторождениям нетрадиционных типов.

Графическое обеспечение прогнозно-поисковых моделей освещает региональную позицию, рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры, положение в геофизических и геохимических полях, морфологию и строение рудных тел, элементы рудно-метасоматической зональности, модель рудообразующей системы (с использова-

нием физико-химических, термобарогеохимических и изотопно-геохимических данных).

Текстовая характеристика осуществляется в табличной форме в системе рудный район — рудное поле — месторождение и содержит формационные, тектонические (структурные), геофизические, литолого-фациальные, метасоматические, геохимические, минералогические элементы-признаки.

Рассмотрим некоторые месторождения наиболее перспективных типов.

*Месторождение Хемло* расположено в провинции Онтарио (Канада) в 30 км от северо-восточного берега оз. Верхнее и в 35 км восточнее г. Марафон, вблизи трассы «Хайвей» № 17. Его описанию посвящен ряд зарубежных и отечественных публикаций (B.Friesen, R.Valliant, D.C.Harris, R.J.Kuhns, В.Н.Апполонов, Е.М.Некрасов, В.А.Степанов). В настоящее время это одно из крупнейших месторождений мира, запасы которого превышают 600 т Au при средних содержаниях около 8 г/т [4, 7]. Геологическая позиция месторождения определяется приуроченностью к метавулканическому поясу Херон-Бей (возраст 2,6–2,8 млрд. лет), составляющему южную часть зеленокаменного пояса Абитиб. Минерализация локализована в южном погружении синклинали Хемло (рис. 1). Стратиграфические вулканогенно-осадочные комплексы амфиболитовой фации метаморфизма включают формации: Кеч-Лейк — основные и средние вулканы; Рул Лейк — перемежающиеся метаосадочные породы, обогащенные серицитовыми, пелитовыми и магнетитовыми компонентами; Муз Лейк — рудоносную, заключающую фельзитовые вулканокласты, порфириты и метаосадки; Цедар-Лейк — кластические метаосадки, непосредственно перекрывающие рудные тела.

Рудные тела протягиваются более чем на 2200 м при мощности 3–40 м (средняя 20 м), по падению — более чем на 2500 м. Запасы золота составляют около 650 т при среднем содержании 7,7–8 г/т.



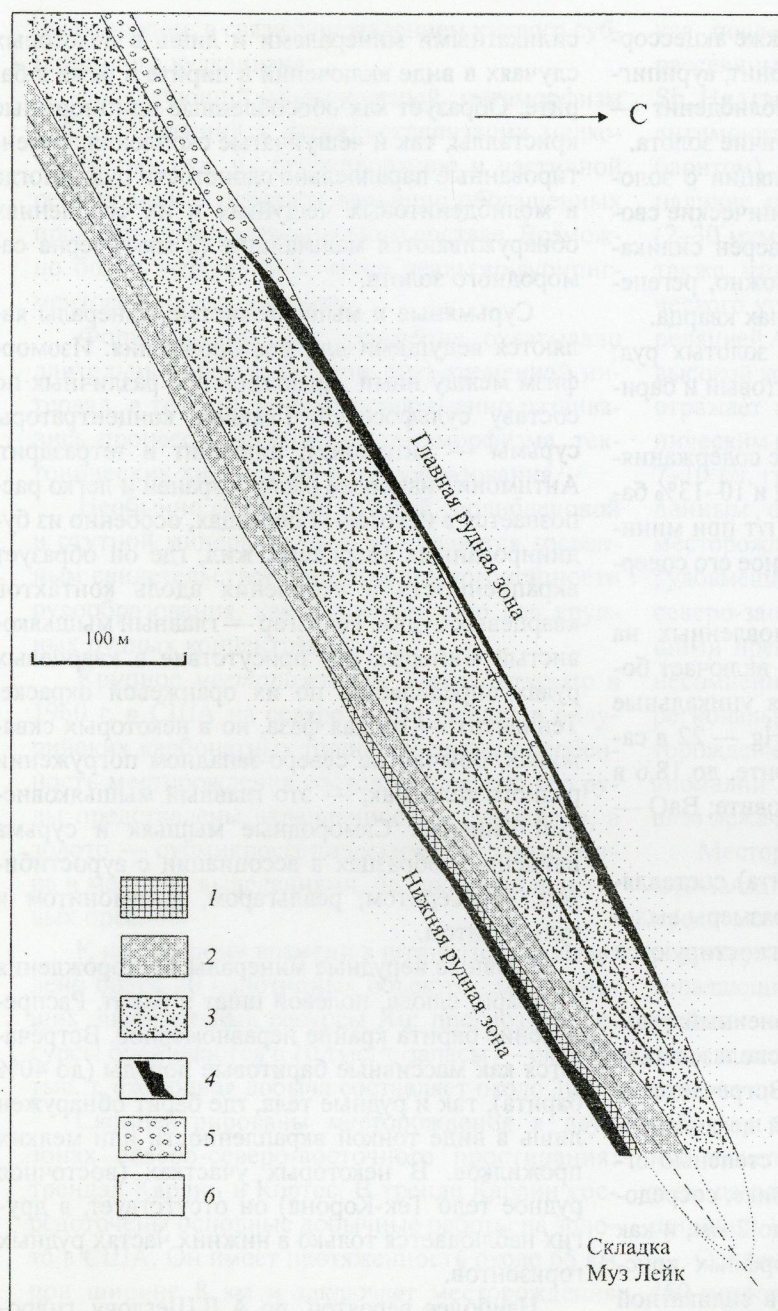


Рис. 1. Разрез месторождения Хемло [7]:

1 — полевшпат-порфировые дайки; 2 — верхние граувакки; 3 — порфиры; 4 — рудные тела; 5 — фрагменты мафических пород; 6 — перекрывающие и боковые осадочные породы

Отношение Au/Ag в рудах 4:1. Пирит составляет примерно 6% рудных тел в виде субгидральных и эвгидральных зерен размером до 3 мм, концентрируемых в слои полумассивного агрегата мощностью до 1 м. Барит образует массивные слои или единичные крупные зерна в силикатной массе, молибденит рассеян в виде зерен размером 0,024–0,5 мм. Золото преимущественно ассоциирует с молибденитом и вкрапленным пиритом в виде очень мелких свободных выделений

по границам зерен кварца и в пределах трещинок в грубозернистом пирите (рис. 2\*). Углеродистый материал пропитывает мусковит или выделяется по границам его зерен.

Главное рудное тело Голден Гьянт простирается по азимуту 115° с падением на север под углом 60–70°; прослежено по простиранию на 100 м на поверхности и до 650 м на глубину. Плиткообразная рудная зона мощностью 3–40 м прослежена более чем на 1000 м к северо-западу. Ниже основной зоны выявлена узкая (2–5 м) зона минерализации. В их составе преобладают кварц, полевой шпат, серицит, пирит, барит, мо-

\* Рис. 2, 3 — см. цветную вкладку.



либденит и ванадиевая слюда, а также акцессорные минералы — реальгар, антимонит, аурипигмент, киноварь и арсенопирит. Молибденит — лучший минерал-индикатор на наличие золота.

Пирит не имеет четкой корреляции с золотом. Последнее образует микроскопические свободные выделения вдоль границ зерен силикатов. Иногда видимое золото (возможно, регенерированное) наблюдается в трещинах кварца.

Выделено три основных типа золотых руд: кремнистый (10–15 г/т Au), серицитовый и баритовый (6 г/т Au).

Подсчитано 19 137,148 т руды с содержанием 10,11 г/т Au, 0,1% Mo, 1,5 г/т Ag и 10–13% барита. Бортовое содержание Au 2,7 г/т при минимальной мощности 3 м; максимальное его содержание 34,29 г/т.

Количество минералов, установленных на месторождении, по Д. Харрису [4], включает более 80 наименований. Отмечаются уникальные изоморфные замещения (мас. %): Hg — 22 в самородном золоте, до 27,5 в сфалерите, до 18,6 в тетраэдрите;  $V_2O_5$  — до 8,5 в мусковите; BaO — до 16,6 в микроклине.

Рудные минералы (кроме пирита) составляют менее 1% руды, имеют мелкие размеры выделений и вследствие этого часто диагностируются с трудом.

Пирит — наиболее распространенный сульфид. Его распределение может использоваться для стратификации рудных тел. Встречается в двух типах — как грубозернистый деформированный агрегат зерен с различной степенью огранки размером до 3 мм в поперечнике, сосредоточенный в прослоях мощностью до 2 мм, и как рассеянная вкрапленность идиоморфных кристаллов с размером зерен <0,2 мм в силикатной массе руды.

Основная золотосодержащая фаза — это самородное золото. В рудах установлено ничтожно малое содержание ауриститита и крайне редкое присутствие калаверита. Ассоциации самородного золота: свободные зерна размером 1–20 мкм вдоль границ кварцевых и полевошпатовых зерен; зерна, включенные в самородный мышьяк, киноварь, антимонит, ауриститит и сульфосоли или окруженные каймами этих минералов; в виде включений в пиритовом агрегате. Видимое самородное золото редко.

Молибденит распространен повсеместно. Он встречается преимущественно в ассоциации с

силикатными минералами и лишь в некоторых случаях в виде включений в пирите и реже в барите. Образует как обособленные идиоморфные кристаллы, так и чешуйчатые скопления, ориентированные параллельно слоистости руд. Иногда в молибденитовых чешуйках и их скоплениях обнаруживаются мельчайшие (2 мкм) зерна самородного золота.

Сурьмяные и мышьяковистые минералы являются ведущими для месторождения. Изоморфизм между ними характерен для различных по составу сульфосоединений. Главные концентраторы сурьмы — антимонит, цинкит и тетраэдрит. Антимонит наиболее распространен и легко распознается в некоторых образцах, особенно из будинированных кварцевых жил, где он образует вкрапленность и скопления вдоль контактов кварцевых будин. Реальгар — главный мышьяковистый минерал, его присутствие в кварцевых рудах определяется по их оранжевой окраске. Теннантит — редкая фаза, но в некоторых скважинах, обычно на северо-западном погружении рудного тела Лак, — это главный мышьяковистый минерал. Самородные мышьяк и сурьма найдены в образцах в ассоциации с ауристититом, бертьеритом, реальгаром, антимонитом и гудмундитом.

Главные нерудные минералы месторождения — кварц, слюда, полевой шпат и барит. Распределение барита крайне неравномерное. Встречаются как массивные баритовые породы (до 40% барита), так и рудные тела, где барит обнаружен лишь в виде тонкой вкрапленности или мелких прожилков. В некоторых участках (восточное рудное тело Тек-Корона) он отсутствует, в других наблюдается только в нижних частях рудных горизонтов.

Наиболее вероятен, по А.Д. Щеглову, гидротермально-осадочный генезис оруденения в связи с проявлениями кислого вулканизма, о чем свидетельствуют стратиформный характер рудных залежей, переслаивание рудных тел с туфами, слоистые текстуры руд, изотопный состав серы рудных баритов, аналогичный составу серы заведомо осадочных баритов района. В то же время, тесная ассоциация молибдена с золотом напоминает месторождения порфирового типа.

Модель образования месторождения включает:

формирование стратиформных осадочно-гидротермальных руд в архейском мелководном морском бассейне, возможно, обогащенном се-



ководородом, в связи с проявлением кислого субмаринного вулканизма;

последующий многократный метаморфизм руд, приводящий к перекристаллизации мелкозернистых руд, их брекчированию и частичной регенерации в пределах первично обогащенных прослоев пород определенного состава. Возможно более позднее наложение реальгар-аурипигментовой минерализации.

Формирование месторождения охватывало длительный (более 200 млн. лет) временной интервал, в течение которого сопряженно развивались процессы магматизма, метаморфизма, тектонических дислокаций и рудообразования.

Необычно сочетание золотой, молибденовой и ртутной минерализации, что является косвенным свидетельством возможной многоэтапности рудообразования, как это характерно для крупных рудных концентраций.

Крупное *месторождение Карлин* открыто в 1960 г. в США на севере штата Невада в силурийских карбонатных толщах. Основная особенность месторождения состоит в том, что его руды представлены вкрапленностью сульфидов, а золото — субмикроскопическими (от микрометра и меньше) выделениями, не дающими шлиховых ореолов.

К настоящему времени в штате Невада выявлено более 20 однотипных объектов, заключающих значительные ресурсы Au: прогнозные ресурсы оцениваются в 10 тыс. т, запасы — около 3 тыс. т, ежегодная добыча составляет около 300 т.

Сконцентрированы месторождения в двух зонах северо-северо-восточного простирания: трендах Карлин и Кортес. В тренде Карлин сосредоточены основные добычные работы на золото в США. Он имеет протяженность около 65 км при ширине 8 км и включает месторождения вкрапленного типа с тонкодисперсным золотом в осадочных породах [3, 5].

Рудные тела месторождения Карлин находятся в верхней части свиты Роберт Маунтинс раннесилурийского возраста и размещаются в первой сотне метров ниже надвига Роберт Маунтинс. Золото неравномерно рассеяно по пластам глинисто-карбонатных пород (рис. 3). Минерализация, с которой ассоциирует золотое оруденение, представлена кварцем, баритом, реальгаром, пиритом, антимонитом, киноварью, сфалеритом и галенитом. Золото присутствует как самородный металл, а также, возможно, в виде элементоорганических соединений. Устанавливается та-

кая последовательность минералообразования: рассеянный кварц, пирит, золото, сульфиды As, Sb, Hg (главным образом реальгар, аурипигмент, антимонит и киноварь в ассоциации с поздним баритом), сульфиды Pb, Zn, Cu, Mo. Интересно наличие самородного мышьяка в виде мелких (2–30 мкм) сферических выделений. Отмечается также, что руды с низким содержанием органического углерода характеризуются высокой корреляцией Au-Hg-As-Sb, а высокоуглеродистые — высокой корреляцией только между Au и Hg, что отражает тесную связь обоих элементов с органическим веществом. Содержания золота в рудах 7–10 г/т, границы рудного тела определяются по данным опробования. Материалы отработки месторождения показали сильную нарушенность рудовмещающей толщи разрывами, в основном северо-западного простирания, соответствующими преимущественной ориентировке даек и, несомненно, более поздними по отношению к региональному надвику Роберт Маунтинс. Месторождение было выявлено по геохимической аномалии As и Au в эрозионном окне, вскрывшем лежащий бок надвига.

Месторождение Голд Куорри расположено на юго-западном краю тектонического окна Карлин, представляющем собой выход карбонатных пород округлой формы диаметром около 3 км. Крутопадающие сбросы и разрывы прослеживаются в краевых частях рудоносной площади. Доказанные запасы месторождения оцениваются в 223 млн. т руды со средними содержаниями 1,5 г/т Au. Разработка и обогащение руд начались в 1985 г., кучное выщелачивание — в 1986 г. Главное рудное тело разрабатывается карьером длиной 1830 м, шириной 1220 м, глубиной 300 м.

Основная рудная залежь заключена в мощной 450-метровой пачке алевролитов, сланцев, песчаников, алевритистых известняков и кремней, считающейся частью переходной толщи, отложенной на палеозойском склоне между восточным и западным комплексами пород. Кремнисто-обломочные осадочные породы обычно тонкослоистые и пластичные. Рудные столбы, имеющие форму от таблитчатой до неправильной, связываются с разломами и трещинами северо-восточного и северо-западного простирания. К пересечениям структур часто приурочены значительные, хотя и непротяженные, рудные линзы.

Месторождение состоит из линз сравнительно богатой золотой руды, неравномерно распределенных в пределах крупного рудного тела с



низкими концентрациями и контролируемых разрывными нарушениями. Основная рудная залежь простирается с севера на юг на 600 м и погружается на восток под углом 45–50°.

Наряду с крупнообъемными месторождениями, пригодными для открытой отработки, выявлены богатые рудные залежи. Самое богатое из них в США месторождение Мейкл расположено в пределах тренда Карлин и представляет собой весьма богатый глубокозалегающий (около 500 м) объект карлинского типа. Открыто в 1989 г. в результате систематического разбуривания выходящей на дневную поверхность безрудной зоны окварцевания. Богатая руда была подсечена лишь десятой по счету глубокой скважиной. Разведанные запасы золота составляют 198 т при среднем содержании 20 г/т. Ежедневно добывается 2100 т руды. Рудовмещающие породы — турбидиты и брекчированные известняки девонской формации Попович — подстилаются слабоминерализованными на данном месторождении доломитами и доломитизированными известняками формации Роберт Маунтинс. Рудные тела представляют собой изогнутые плитообразные зоны вкрапленной сульфидной минерализации. Рудные минералы — тонкозернистый пирит, марказит, арсенопирит. Характерные особенности месторождения — высокий тепловой поток в шахтах, повсеместное развитие жил, прожилков и гигантских полостей-каверн, выполненных крупнокристаллическим друзовым кальцитом и баритом. Изредка встречаются антимонит-кварцевые жилы.

Таким образом, месторождения, локализованные в тренде Карлин, достаточно разнообразны. В связи с этим к карлинскому типу следует относить объекты, сходные с месторождением Карлин и характеризующиеся: известково-глинистым составом разреза рудовмещающих пород; стратифицированным характером рудных тел; прожилково-вкрапленным оруденением; сульфидным (преимущественно пирит-арсенопиритовым) составом руд с тонкодисперсными выделениями золота в сульфидах; наличием низкотемпературной сурьмяно-мышьяково-ртутной минерализации в ассоциации с аргиллизитами.

Основными прогнозно-поисковыми критериями и признаками оруденения карлинского типа, учитывая изложенное выше, можно считать:

1. Положение в зоне сопряжения эв- и миогеосинклинальных структур (пассивная континентальная окраина), осложненной валлообразным

поднятием (возможно, форма проявления глубинного разлома).

2. Приуроченность к известковисто-глинистым фациям флишoidных и турбидитовых комплексов.

3. Приуроченность к приподнятым блокам, по которым рудовмещающая толща выводится на поверхность.

4. Наличие горизонтов декарбонатизации и окварцевания, иногда безрудных в «чехольных» частях, развивающихся по мергелистым и доломитовым горизонтам.

5. Выделения в трещинках реальгара, аурипигмента и углеродистого вещества.

В качестве основного метода поисков эффективна геологическая съемка, однако для выявления незеродированных частей рудоносной формации необходимы поисковое бурение и специальные палеотектонические и литолого-фациальные реконструкции.

Мезотермальное золото-кварцевое оруденение Восточной Австралии приурочено к герцинскому складчатому поясу, протянувшемуся параллельно окраине континента на 4000 км. Месторождение Бендиго расположено в южной части Восточно-Австралийской золотоносной провинции (штат Виктория) [2].

Рудный район Бендиго («зона Бендиго-Балларат») представляет собой субмеридиональное складчатое сооружение длиной 120 км и шириной 40–60 км, вероятно, фиксирующее зону скрытого разлома глубокого заложения, поперечного к общему простиранию данного отрезка провинции. Рудный район сложен богатыми кварцем ордовикскими флишевыми и сланцевыми толщами (супергруппа Кастлмэйн). Местами ордовикские толщи, общая мощность которых составляет 2000 м, прорваны гранитными массивами девонского возраста. В среднем девоне вмещающая толща была смята в сжатые складки с длиной крыльев 150–500 м и разбита многочисленными разрывными нарушениями, среди которых выделяется несколько основных блокоразграничивающих разломов. В ходе региональных деформаций вмещающие породы были слабо метаморфизованы (пренит-пумпеллиитовая зеленосланцевая ступень).

В рудном районе известно около 20 рудных полей, из которых, учитывая связанные с ними россыпи, было добыто более 2000 т Au. Рудные поля приурочены к нижнеордовикским породам и тяготеют к региональным взбросам. В распре-



делении рудных полей отмечен «шаг», равный 20–30 км. Наиболее крупными рудными полями в районе являются Бендиго и Балларат. Из рудного поля Бендиго за 100 лет было добыто 695 т Au, а из поля Балларат — 58 т. В последние годы месторождение Бендиго не отрабатывается, хотя запасы залегающей на больших глубинах руды в нем еще значительны.

Рудное поле Бендиго представляет собой сложнопостроенную субмеридиональную антиклинальную структуру общей площадью 124 км<sup>2</sup>. Вмещающая нижнеордовикская толща сложена филлитовидными сланцами и песчаниками с редкими прослоями известковистых пород. Месторождения в рудном поле локализованы в участках пересечения антиклинория с зонами скрытых разломов фундамента.

Среди рудных тел преобладают седловидные жилы, приуроченные преимущественно к замкам антиклиналей. Реже встречаются «обратные» седловидные жилы, приуроченные к замкам синклиналей. Однако наряду с ними достаточно часто наблюдаются секущие жилы, связанные с многочисленными разрывными нарушениями. Месторождения, как правило, представляют собой комбинации секущих и седловидных жил, этажно расположенных в пределах замковых частей одной или нескольких соседних антиклиналей. На некоторых месторождениях рудного поля Балларат установлен литологический контроль рудных тел «индикаторным» горизонтом пиритизированных углистых сланцев. Вертикальный размах оруденения превышает 1,5 км.

Состав руд существенно кварцевый. Помимо белого крупнозернистого кварца, в порядке убывания на месторождении отмечены анкерит, кальцит и доломит, хлорит и фенгитовая слюда, альбит и апатит, рутил. Сульфидность жил не более 1–2%. Основные сульфидные минералы представлены пиритом и арсенопиритом, хотя в обогащенных участках обычно присутствуют и второстепенные — пирротин, сфалерит, галенит и халькопирит. Наименее распространены тетраэдрит и антимонит. Минералогическая зональность не фиксировалась. Кроме того, в связи с постоянством и однообразием состава рудных тел специального изучения последовательности минералообразования не проводилось. Отмечено лишь, что золото образовалось после сульфидов.

В жилах преобладает крупное свободное видимое золото в виде рассеянных изолированных зерен или нитевидных включений в кварце. Не-

большое количество тонкого золота заключено также в сульфидах. Содержания золота в рудах составляют 10–30 г/т. В рудных столбах они увеличиваются на порядок и более. Проба золота в среднем около 850. Крупные золотые самородки больше характерны для соседнего рудного поля Балларат, где был описан наиболее крупный из них — Леди Дан массой 18,8 кг.

Начало формирования рудных залежей следует, вероятно, связывать с периодом осадконакопления и одновременно диагенеза (для нижних слоев толщи), происходившего в активном тектоническом режиме с поступлением на дно палеобассейна кремнистых золотоносных растворов. Процессы диагенеза и рудоотложения сопровождались конседиментационной складчатостью, захватившей как нелитифицированные осадки, так и кремнистые залежи. Предлагаемую модель рудообразования можно определить как осадочно-гидротермально-метаморфогенную: осадконакопление, сопряженное с поступлением рудоносных растворов и обогащением отдельных прослоев кремнеземом и рудогенными элементами; метаморфизм, связанный с режимом погружения, отжимом поровых вод и литификацией осадков с образованием пластичных и хрупких прослоев, в дальнейшем выполняющих роль экранов или коллекторов трещиноватости; многоэтапная складчатость с сопутствующими динамометаморфизмом и метаморфогенной сегрегацией, перегруппировкой и переотложением минерального вещества.

Гигантское по размерам месторождение *Раунд Маунтин* расположено в третичных вулканах юго-запада США (штат Невада). При среднем содержании Au 1,2 г/т месторождение заключает 300 т Au и отрабатывается открытым способом с обогащением руд методом кучного выщелачивания. Ежегодно перерабатывается около 12 млн. т руды [8].

Рудовмещающими являются туфы олигоценного возраста мощностью около 300 м, состоящие из кальдерного комплекса (рис. 4). Пепловые туфы с несогласием залегают на палеозойских кварцитах, углеродистых аргиллитах, сланцах и известняках, меловых шошонитовых гранитах, эоцен-олигоценых среднекислых интрузиях и среднеолигоценых туфах. Возраст рудовмещающего комплекса 27,2–23,5 млн. лет, рудовмещающих туфов — 26,7 млн. лет. Разломы северо-восточного и северо-западного простирания сосредоточены в краевых частях кальдеры; они бы-



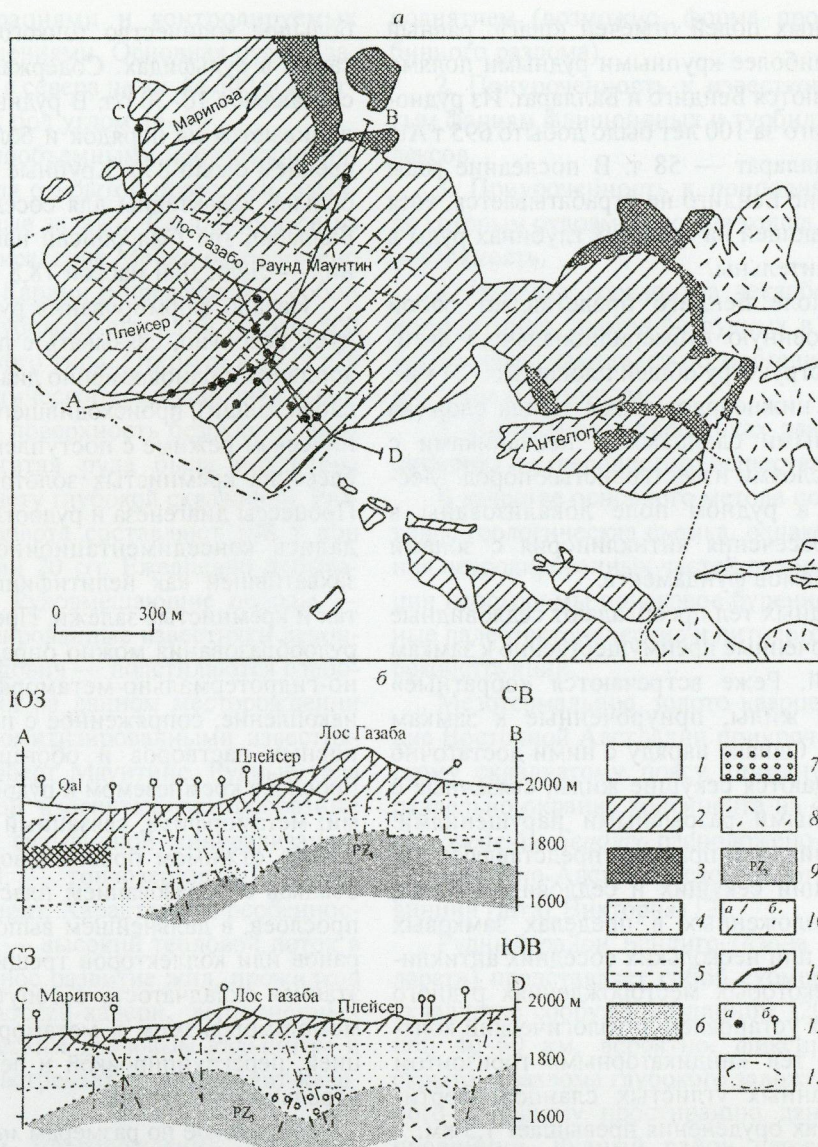


Рис. 4. Геолого-структурная карта (а) и геологические разрезы (б) месторождения Раунд Маунтин [8]:

1 — четвертичный аллювий и коллювий; 2 — средние плотно сваренные туфы; 3 — умеренно спекшиеся туфы; 4 — нижние слабо сваренные туфы; 5 — мегабрекчий Драй Каньон; 6 — вулканокластические песчаники и конгломераты; 7 — слабо сваренные туфы; 8 — меловые граниты; 9 — палеозойские осадочные и метасадочные породы; 10 — разломы (а — установленные, б — предполагаемые); 11 — пологие жилы и их названия; 12 — буровые скважины (а — на плане, б — на разрезах); 13 — граница карьера

ли активны в период вулканизма и играли роль магмоподводящих каналов. Небольшие подвижки по ним зафиксированы и в поствулканическое время. Возникшие в это время малоамплитудные зоны трещиноватости имели определяющее значение в локализации оруденения. Возраст оруденения, согласно К-Аг определениям, от  $25,1 \pm 8,8$  до  $26,6 \pm 0,6$  млн. лет.

Трещины заключают золотоносные кварцадулярные жилы. Северо-восточная система

разломов иногда заполнена глинистым алунитовым агрегатом и, вероятно, испытала более молодые тектонические подвижки.

Линзообразные рудные зоны, обрабатываемые карьером, погружаются к северо-западу, представлены густой сетью золотоносных кварцадуляр-пиритовых жил, прожилков и гнезд различной ориентировки. Отношение  $Ag/Au$  в рудах составляет от 1:1 до 10:1. Крупнообъемные руды не характерны для верхней части разреза, в пре-



делах которой в начале века селективно отрабатывались отдельные кварц-адуляровые жилы. Рудные зоны максимально локализованы в пористых туфах, где они образуют стратифицированную рудную залежь мощностью до 150 м, заключающую основные запасы месторождения. Буровые скважины фиксируют золоторудную минерализацию в древних туфах и дотретичном основании, так что в целом вертикальный интервал минерализации оценивается в 700 м. Основной рудный минерал — золотоносный пирит; золото фиксируется в тонких трещинках и в виде включений. Из редких минералов установлены теллуриды Au-Ag, сфалерит, галенит, халькопирит, пирротин, тетраэдрит, пираргирит, арсенопирит, марказит, реальгар. На глубину 200–300 м от поверхности развита зона окисления с новообразованиями гётита, гематита и ярозита.

Детальное изучение многообразных жил и брекчий, слагающих рудные тела и их многократные пересечения, позволяет наметить такую последовательность их образования: обрастающие фенокристы кварц-адуляровые жилы; кремнистые микробрекчиевые жилы; гребенчатые кварцевые жилы. Начало процесса характеризуется нарастанием гидротермального кварца на фенокристы магматического кварца, а адуляр нарастает на кристаллы санидина. Такие агрегаты содержат основную массу золота. Момент возникновения жил синхронизируется со сменой пропилитовой фазы метасоматоза калиевой. Более поздние брекчиевые и гребенчатые жилы заключают только несколько процентов от основной массы золота. Площадные пропилитовые метасоматиты представлены ассоциацией кварц-адуляр-альбит-хлорит-кальцит-пирит-эпидот; более поздняя группа калиевых метасоматитов, контролируемых зонами трещиноватости, — ассоциацией кварц-адуляр-гидрослюда-кальцит-пирит. Пространственные переходы между пропилитовыми и калиевыми метасоматитами в плотных сваренных и пропилитизированных туфах маркируются трещинными жильными системами (кварц-адуляр-пирит-золото±альбит±кальцит±эпидот). Кремнистые (кварц-адуляр-пиритовые) и аргиллизитовые (кварц-иллит(сметит)-пиритовые) метасоматиты типичны для верхних уровней гидротермальной системы и характеризуют ее позднюю фазу, синхронную возникновению гребенчатых кварцевых жил (кварц+адуляр±золото).

Формирование промышленных золото-серебряных руд происходило на глубине не менее 750 м от палеоповерхности.

Парагенетические и пространственные соотношения метасоматитов и типов жильной минерализации, наряду с данными фазовых равновесий и микротермометрии по флюидным включениям, свидетельствуют о том, что зона максимальной пропилитизации соответствует максимуму гидротермальной активности и подъему температуры гидротерм до 250–265°C. Калиевые метасоматиты и золоторудная минерализация локализованы в трещинных системах, их формирование обусловлено смешением гидротермальных флюидов с латерально перемещавшимися по горизонтам туфов грунтовыми водами. При этом происходило падение температур ниже 200°C. Соленость гидротермальных флюидов составляла от 0,0 до 0,2 NaCl-экв., pH~7,5.

При анализе факторов, которые могли привести к образованию такого крупного золоторудного месторождения, обращают на себя внимание сравнительно большие глубины минералообразования (>750 м), наличие четко выраженного структурного экрана в виде горизонта плотных сваренных туфов и длительная (порядка 15 млн. лет) эволюция рудообразующей системы, устойчиво золотоносной, от самых ранних до самых поздних продуктов минералообразования (рис. 5).

*Месторождение Форт Нокс* в штате Аляска (США) разведано и передано в эксплуатацию в середине 90-х годов; ежегодная добыча составляет порядка 10 т Au.

В региональном плане месторождение принадлежит к золоторудному поясу Тинтина [1, 6]. Плутоногенный пояс объединяет ряд месторождений, связанных с гранитоидами, и протягивается на 2000 км через Аляску в Юкон (Канада). Часть месторождений, например Форт Нокс, залегает в гранитоидных комплексах. Для них Р.Силитоу и Г.Холлистером было предложено название «золото-порфировые» (по аналогии с медно-порфировыми системами). Другие месторождения (например, Райан Лод, Бреверн Крик, Пого) приурочены к терригенным комплексам, однако находятся в надпликатных зонах меловых гранитоидных массивов.

Плутоногенный пояс Тинтина хорошо выделяется на космическом снимке Аляски, поскольку он ограничивается отчетливо дешифрируемыми региональными разломами. В металло-



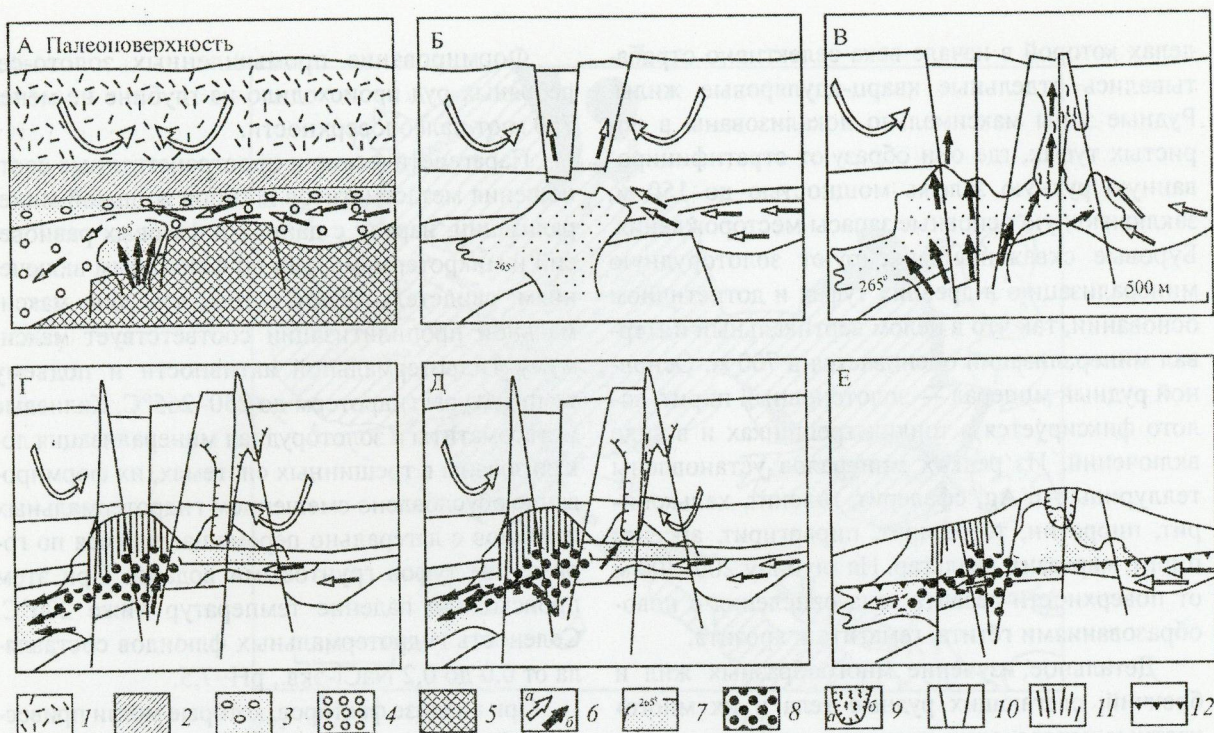


Рис. 5. Модель формирования рудообразующей гидротермальной системы Раунд Маунтин [8]:

1 — туфы и вулканогенно-осадочные породы; 2 — плотно сваренные туфы; 3 — умеренно сваренные туфы; 4 — слабо сваренные туфы; 5 — довулканическое основание; 6 — потоки метеорных вод (а), гидротермальных флюидов (б); 7 — область низкотемпературной пропилитизации; 8 — область калиевого метасоматоза и вкрапленной золоторудной минерализации (сотни тонн Au); 9 — область развития золотоносных жил (а), отдельные жилы (б) (первые тонны Au); 10 — разломы; 11 — прожилковая минерализация в трещинах рассланцевания; 12 — нижний уровень зоны окисления; последовательность формирования системы: А–Д — развитие гидротермальной системы (26–25 млн. лет), Е — эрозия и выветривание (12 млн. лет — настоящее время)

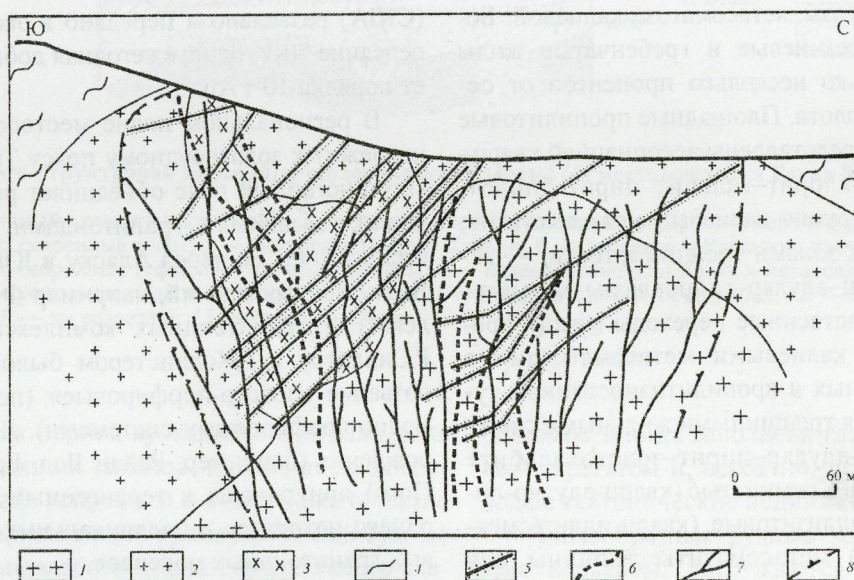


Рис. 6. Разрез через месторождение Форт Нокс, США [1]:

1 — крупнозернистые биотит-роговообманковые граниты; 2 — среднезернистые биотитовые граниты; 3 — мелкозернистые гранодиориты; 4 — ороговикованные сланцы; 5 — зоны разлома с ореолом серицитизации; 6 — аплиты с ореолом преимущественно полевошпатовых изменений; 7 — зоны золото-кварцевого прожилкования с ореолами полевошпат-кварцевых и (или) светлослюдистых изменений; 8 — границы золоторудного штокверка



геническом плане ему соответствует новая золоторудная провинция, в пределах которой выделяется ряд рудных районов. Наиболее известный из них рудный район Фербенкс включает месторождения Форт Нокс, Райан Лод, Тру Норе и Пого. В структурном плане рудный район совпадает с крупным тектоническим блоком размером  $100 \times 100$  км, ограниченным региональными разломами, в формационном — это область развития меловых ильменитсодержащих гранитоидов в терригенных формациях, метаморфизованных

до зеленосланцевой и амфиболитовой ступеней. Как район россыпной золотоносности Фербенкс известен с 1902 г.; из россыпей за все прошедшие годы было добыто около 250 т Au.

Рудное поле совпадает с небольшим (площадью в первые квадратные километры) слабоэродированным многофазным штоком позднемеловых гранитоидов и фиксируется геохимическими аномалиями золота, висмута, вольфрама, мышьяка, молибдена, теллура, сурьмы. В геофизических полях рудному полю соответствуют от-

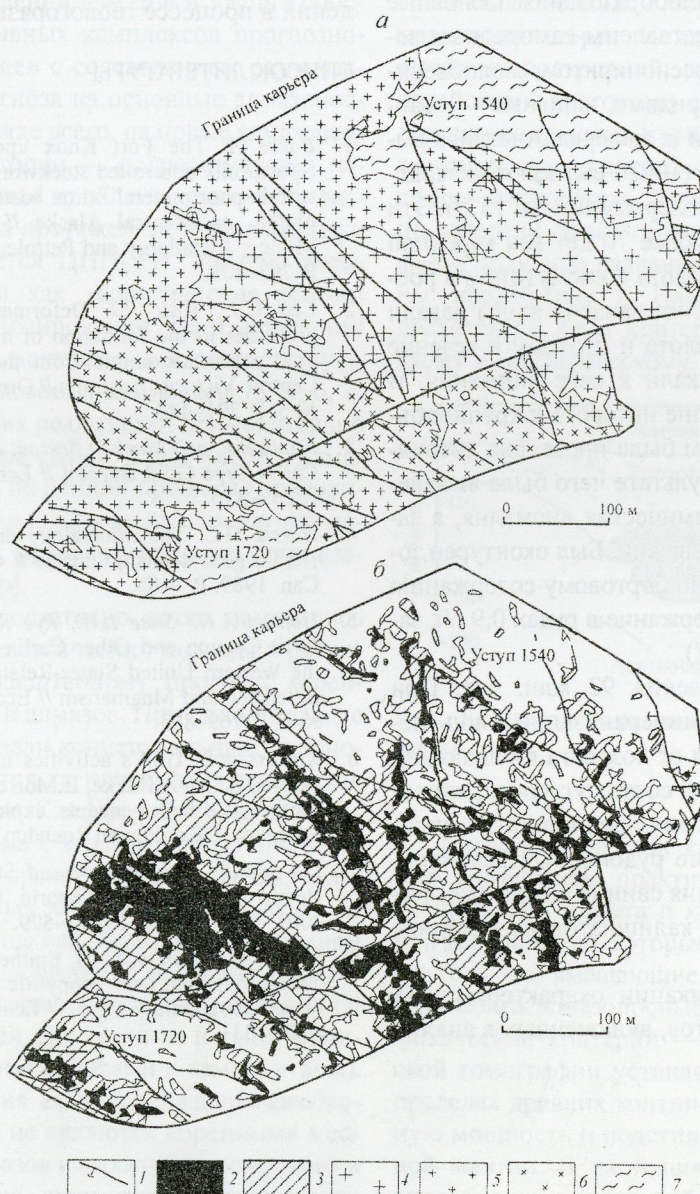


Рис. 7. Морфология и строение золотоносного штока месторождения Форт Нокс [6]:

*a* — геологический план карьера (уступы 1540, 1720); *б* — распределение золота; 1 — основные разломы; содержания Au по данным опробования шпуров: 2 — более 1,03 г/т, 3 — 0,45–1,03 г/т; 4 — крупнозернистые биотит-роговообманковые граниты; 5 — среднезернистые биотитовые граниты; 6 — мелкозернистые гранодиориты; 7 — ороговикованные сланцы



рицательная гравиметрическая аномалия (гранитоидный шток), положительная магнитная аномалия (ореол пирротинизации), а также аномалия калиевой составляющей поля АГСМ (ореол калишпатизации).

Месторождение представляет собой штокверк тонких (доли миллиметров) золотоносных прожилков, не видимых невооруженным глазом. Штокверк диаметром около 500 м развит в гранитах и гранодиоритах. Прожилки разноориентированные, сформированы в ходе нескольких продуктивных стадий минералообразования. Основные рудные минералы представлены самородным золотом, висмутином, арсенопиритом, молибденитом, шеелитом и теллуридами, жильные — кварцем, серицитом. Внутри штокверка отчетливо выделяются маломощные (10–20 см) золото-кварцевые жилы со средним содержанием Au 15 г/т. Эти жилы были известны более 70 лет как коренной источник самородков золота с висмутином в россыпях. Однако при оценке запасов жилы давали лишь первые тонны золота и поэтому в течение многих лет не привлекали к себе внимания. В конце 80-х годов на волне интереса к крупнообъемным месторождениям была проведена литохимическая съемка, в результате чего была выявлена комплексная литохимическая аномалия, а затем пробурены сотни скважин. Был охотурирован золотоносный штокверк по бортовому содержанию Au 0,5 г/т. Среднее содержание в рудах 0,9 г/т, запасы 260 т Au (рис. 6, 7).

Возраст месторождения 92 млн. лет. При этом возраст золотой минерализации лишь незначительно отличается от возраста вмещающих гранитоидов. Изотопный состав углерода, кислорода и водорода позволяет предполагать магматическое происхождение рудоносных флюидов, а изотопные соотношения свинца и серы сульфидов близки к таковым калишпатом из материнских интрузий.

В настоящей публикации охарактеризована небольшая часть объектов, включенных в анализ

и моделирование, которые предполагается реализовывать в прогнозно-металлогенических построениях.

В целом представляется, что выбранное нами направление по использованию мирового опыта, накопленного при изучении и освоении новых и нетрадиционных типов месторождений, «пропущенного» через разработанные в ЦНИГРИ технологии многофакторного прогнозно-поискового моделирования, может дать прямой практический эффект по выявлению новых месторождений в процессе геологоразведочных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bakke A.* The Fort Knox «porphyry» gold deposit: Structurally controlled stockwork and shear quartz vein, sulfide-poor mineralization hosted by a Late Cretaceous pluton, east-central Alaska // Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. Spec. vol. 46. 1994. P. 795–803.
2. *Cox C.F., Wall V.J.* Deformation and metamorphic processes in the formation of mesothermal vein-hosted gold deposits-example from the Lachan Fold Belt in Central Victoria, Australia // Ore geol. Rev. 1991. Vol. 6. № 5. P. 391–423.
3. *Flinik R.P. and Mark D.Barton.* An amagmatic Origin of Carlin-Type Gold Deposit // Econ. Geol. 1987. Vol. 92. P. 267–310.
4. *Harris D.C.* The mineralogy and geochemistry of the Hemlo gold deposit, Ontario // Geol. Econ. Rept. Surv. Can. 1989. P. 1–88.
5. *Hofstra A.H., Snee L.W., Rye R.O.* Age constraints on Jerrit Canyon and Other Carlin-Type Gold Deposits in the Western United States-Relationship to Mid-Tertiary Extension and Magmatism // Econ. Geol. 1999. Vol. 94. № 6. P. 769–803.
6. *Kinross gold USA's activities in the Fairbanks mining district, K2K / A.Bakke, B.Morrell, I. Odden et al.* // The Tintina gold belt: concepts, exploration and discoveries. Spec. vol. 2. Cordilleran Roundup, January 2000. P. 89–98.
7. *Lin Shoufa.* Stratigraphic and Structural Setting of the Hemlo Gold Deposit, Ontario, Canada // Econ. Geol. 2001. № 3. Vol. 96. P. 477–509.
8. *Sander M.V., Einaudi M.T.* Epithermal deposition of gold during transition from propylitic to potassic alteration at Round Mountain, Nevada // Econ. Geol. 1990. Vol. 85. P. 285–311.



УДК 553.81.04 (47)

© Ю.К.Голубев, В.И.Ваганов, Н.А.Прусакова, 2005

## ПРИНЦИПЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АЛМАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЕ

Ю.К.Голубев, В.И.Ваганов, Н.А.Прусакова (ЦНИГРИ МПР России)

Разработка принципов и методики прогнозирования месторождений алмазов и научно обоснованных эффективных комплексов прогнозно-поисковых критериев с составлением разномасштабных карт прогноза на основные алмазоносные районы и, прежде всего, на новые алмазоперспективные территории — остроактуальная научная и практическая проблема, лидером в разработке которой на протяжении последних двух десятилетий является ЦНИГРИ. Именно здесь были разработаны как теоретические основы стадийного прогнозирования месторождений твердых полезных ископаемых и соответствующие прогнозно-поисковые комплексы [3, 4, 6, 8, 9], так и методика их реализации применительно к конкретным видам сырья, в том числе к алмазам [2, 10]. Работы по данной проблеме проводились специалистами и многих других научно-исследовательских и производственных организаций [1, 5, 7, 12 и др].

В результате достаточно четко наметились два главных методологических подхода к региональному среднемасштабному прогнозу коренных месторождений алмазов. При одном подходе (он может быть назван концептуальным) в основу прогноза кладется та или иная генетическая концепция: правило Клиффорда, связь кимберлитового магматизма с зонами рифтов или авлакогенов, гипотеза горячей точки и др. Так, большинство зарубежных специалистов исходит из концептуального подхода, краеугольным камнем которого является положение о древнем архейском возрасте алмазов и отсутствии каких-либо генетических связей между ними и содержащими их породами (кимберлитами и лампроитами). С этой точки зрения алмазосодержащие кимберлиты и лампроиты не являются коренными месторождениями алмазов в строгом смысле слова и представляют собой лишь транспортирующую среду, выносящую фрагменты дезинтегрированных первично-алмазоносных пород верхней мантии на поверхность. Соответственно, процесс прогнозирования распадается на три последовательных основных этапа.

1. Выделение регионов, в пределах которых в архее было возможно образование первично-алмазоносных пород. Исходя из геотермобарометрических построений, предполагается, что под архейскими кратонами существовала линза пород с аномальными свойствами, сверху которой проходит граница графит-алмаз, а снизу литосфера-астеносфера. Такие линзы, окруженные по латерали более горячими породами астеносферы, получили название алмазоносных мантийных корней (рис. 1). Наличие этих корней определяется по двум критериям — минералогическому и геофизическому.

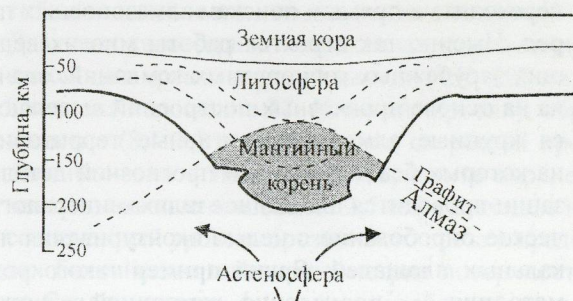


Рис. 1. Модель алмазоносного мантийного корня, по [2]

Минералогический критерий — алмазоносные кимберлиты практически всегда содержат ксенокристы граната и хромшпинелида «алмазной ассоциации», которые являются индикаторами того, что вмещающие их кимберлиты проникли сквозь алмазоносные мантийные корни. Геофизический критерий — по данным сейсмической томографии устанавливается, что плиты в пределах древних континентов имеют повышенную мощность и подстилаются слоями аномальной мантии. В настоящее время разрешающая способность метода сейсмической томографии по горизонтали составляет около 400–500 км.

2. Выделение тех первично-алмазоносных площадей, в контурах которых алмазы могли сохраниться в ходе последующей тектономагматической эволюции. По мнению ряда исследова-



телей, мантийные корни «выдерживают» воздействие внедряющихся роев мафических даек, но термально эродируются вблизи мантийных плюмов. Соответственно, выделяются структуры, «дружественные» мантийным корням (mantle-root-friendly) — горизонтально внедряющиеся дайковые рои, надвиговые пояса и др., и «враждебные» мантийным корням и вызывающие их разрушение (mantle-root-destructive) — мантийные плюмы, рифты, коллизионные зоны.

3. Выявление региональных тектонических и локальных структурных критериев размещения кимберлитов и лампроитов на выделенных ранее территориях. Принимается, что достоверная связь кимберлитов и лампроитов с более локальными геологическими структурами отсутствует, поэтому этап среднемасштабного прогноза на сегодняшний день неосуществим.

Данная концепция подкупает своей внешней логичностью и стройностью. Из нее следует, что собственно прогнозировать можно лишь крупные алмазоперспективные территории порядка 400–500 км в поперечнике, т.е. ранга субпровинции; далее прогноз «отказывает», и необходимо переходить к прямым поискам алмазоносных пород. Именно так строятся работы многих ведущих зарубежных горнорудных компаний: сначала на основе прогнозных построений выделяются крупные алмазоперспективные территории, на которых без дальнейшей прогнозной детализации проводится площадное шлихоминералогическое опробование с целью оконтуривания локальных площадей. Яркий пример такого рода методики — проведение компанией «Эштон Майнинг» поисков на лицензионной основе на территории Карелии.

Охарактеризованная технологическая схема является прямым следствием принятой за рубежом структуры геологоразведочных работ: региональные исследования проводятся государственными геологическими службами, а непосредственные поиски — частными компаниями. Обмен информацией между этими двумя уровнями, а также на втором уровне между различными компаниями осуществляется нерегулярно и фрагментарно, а среднемасштабные исследования 1:200 000–1:100 000 практически выпадают.

Рассматривая данную концепцию, необходимо подчеркнуть два принципиальных момента.

Во-первых, давно известно, что радиологический возраст алмазов эологитового парагенезиса существенно меньше такового для алмазов перидотитового парагенезиса и иногда совпадает с возрастом самих кимберлитов (для трубки

Премьер возраст кимберлитов определен в 1200–1250 млн. лет, а включений в алмазах — 1150±60 млн. лет). В работе Н.Шимизу и др. [13] приведены убедительные данные, что перидотитовые гранатовые включения и содержащие их алмазы из некоторых трубок Якутии кристаллизовались незадолго до извержения кимберлитовых магм. Авторы подчеркнули, что петрологические модели, основанные на допущении архейского возраста фанерозойских минералов и пород, могут быть ошибочными. По мнению Н.В.Соболева (2004 г., устное сообщение), как минимум 20% перидотитовых алмазов имеют возраст, чрезвычайно близкий к возрасту вмещающих их кимберлитов. Таким образом, очевидно, что процессы природного алмазообразования не ограничены археем, но проявлялись в течение всей геологической истории планеты.

Во-вторых, число исключений из правила Клиффорда достаточно велико. Более того, три месторождения — Венеция (ЮАР), Орапа (Ботсвана) и Аргайл (Австралия), расположенные в геоблоках не с архейским, а с раннепротерозойским основанием, до недавнего времени обеспечивали до 50% мировой добычи алмазов.

Из сказанного очевидно, что правило Клиффорда, лежащее в основе данной концепции, имеет чисто вероятностный характер и означает лишь то, что вероятность обнаружения коренных месторождений алмазов в пределах архейских кратонов выше, чем в блоках с протерозойским возрастом кратонизации. Необходимо, однако, учитывать, что коренные месторождения алмазов — «штучный товар» (практически всю мировую добычу обеспечивают всего 16 месторождений), поэтому статистические критерии здесь малоприменимы. Обнаружение даже одного месторождения в «неправильной» (не подчиняющейся правилу Клиффорда) обстановке может серьезно повлиять на ситуацию в минерально-сырьевой базе алмазов мира в целом.

Другой подход («эмпирический») основан на методе аналогий, т.е. выделении в физических, геологических, шлихоминералогических, геохимических и других реально наблюдаемых полях аномалий, соответствующих таковым разноранговых известных эталонных объектов и составляющих в комплексе прогнозно-поисковые модели этих объектов. Именно этим методом ищут сами кимберлитовые трубки, но подход с равным успехом может быть распространен и на более крупные объекты (куст трубок, поле и т.д.). При этом возникают те же вопросы, что и в случае индивидуальных трубок: заверка и «разбраков-



ка» аномалий, проблема ложных аномалий и т.д., решаемые с использованием комплекса фактических данных. На стадии «разбраковки» привлекаются и различные геолого-генетические концепции.

Советские и российские геологи в течение нескольких десятилетий акцентировали внимание на изучении разномасштабных минерагенических алмазоносных таксонов, что явилось прямым следствием официально принятой стадийной системы ведения геологоразведочных работ в геологической отрасли в целом. При этом было установлено, что различные минерагенические алмазоносные таксоны реально существуют; они характеризуются определенным устойчивым набором признаков, составляющих в совокупности соответствующие прогнозно-поисковые модели; на основе этих моделей можно последовательно выделять все более мелкие по размерам алмазоперспективные площади, вплоть до локальных (первые десятки квадратных километров) участков под прямые поиски.

Естественно, что указанное разделение методических подходов достаточно условно и в «чистом виде» практически никогда не реализуется. Обычно используются элементы как одного, так и другого подхода, и вопрос заключается в том, какой из них основной, а какой вспомогательный. Так, в России сибирскими геологами разработана оригинальная концепция на основе прежде всего концептуального подхода [7]; в ЦНИГРИ создана стадийная прогнозно-поисковая система с преобладанием элементов подхода «эмпирического» [2, 10].

Исследования ЦНИГРИ по данной проблеме в последнее время были сосредоточены на территории Восточно-Европейской платформы, прежде всего в ее северной части, где известны многочисленные проявления кимберлитового и родственного ему магматизма и выявлены два коренных месторождения алмазов — им. Ломоносова и им. Гриба. Кроме того, данная площадь характеризуется максимальной степенью общегеологической и специализированной (на алмазы) изученности. Результаты этих исследований изложены ниже.

Как уже отмечалось, основой стадийной технологии являются прогнозно-поисковые модели различных минерагенических алмазоносных (потенциально алмазоносных) таксонов: провинция — субпровинция — зона — поле — куст — месторождение.

*Алмазоносная провинция*, с нашей точки зрения, — это эквивалент понятия «древняя плат-

форма», поэтому мы предпочитаем говорить, например, не о привычной Якутской алмазоносной провинции, а о Восточно-Сибирской провинции; соответственно выделяется Восточно-Европейская провинция. В настоящее время алмазоносные кимберлиты и (или) лампроиты установлены на всех древних платформах мира.

*Алмазоносная субпровинция* — крупный (площадью в десятки и первые сотни тысяч квадратных километров) геоблок древней платформы с близким возрастом кратонизации кристаллического фундамента, историей геологического развития, интенсивностью проявлений тектономагматической активизации и т.д. Включает в свой состав от одной до нескольких минерагенических зон. В конкретной субпровинции обычно доминирует определенный геолого-промышленный тип месторождений, как правило, близкого возраста [2].

Типичный пример субпровинции на севере Восточно-Европейской платформы — Кольско-Беломорский блок относительно стабильной на платформенном этапе развития литосферы площадью около 300 тыс. км<sup>2</sup> в пределах севера Балтийского щита и его юго-восточного склона [11]. Для него характерны: пониженная гипсометрия подошвы и кровли верхней мантии (150–200 км и более для подошвы и 37–42 км для кровли); нормальные (8,1–8,2 км/с) значения скоростей продольных волн в подкоровом горизонте верхней мантии; повышенная (более 2,5 км) с выходом на современный уровень эрозионного среза в пределах Балтийского щита гипсометрия поверхности кристаллического фундамента; область повышенных значений региональной составляющей поля силы тяжести, обусловленная гравитирующими объектами в земной коре. Этот блок литосферы включает части структур докембрийского кристаллического фундамента, сформированных разновозрастными гранулит-гнейсовыми комплексами. В пределах блока расположены Зимнебережное и Мельское кимберлитовые поля, Ижмозерское поле слабоалмазоносных мелилититов, все проявления кимберлитового, лампроитового и родственного им магматизма Кольского полуострова и южного берега Кандалакшского залива, Ненокское поле оливин-пироксеновых мелилититов, а также лампроиты Ветреного пояса, Турьинское, Полтинское и Пинежские поля толеитовых базальтов.

Приведенные характеристики являются элементами прогнозно-поисковой модели Кольско-Беломорской кимберлитовой субпровинции и могут быть использованы в качестве критериев



(косвенных признаков) прогнозирования этого минерагенического таксона. В сводном виде прогнозно-поисковая геолого-геофизическая модель кимберлитовой субпровинции приведена в табл. 1.

*Алмазоносная минерагеническая зона* — это линейная высокопроницаемая структура древнего заложения, неоднократно активизирующаяся и контролирующая процессы коромантийного энергомассопереноса. Зоны характеризуются значительной (до 500 км и более) протяженностью при ширине около 50 км (нередко значительно больше), большой глубиной заложения ограничивающих и внутроструктурных разломов. Необычайная живучесть, многократная смена термодинамического и тектонического режимов (растяжения на сжатие и наоборот), насыщенность разновозрастными дайкообразными, штокообразными телами и диатремами основного, ультраосновного и щелочно-ультраосновного составов, многостадийное проявление динамометаморфизма — вот основные диагностические признаки зон. Основанием отнесения их к категории алмазоносных (потенциально алмазоносных) являются: положение в пределах алмазоносной субпровинции; наличие пород щелочно-ультраосновного состава, прежде всего самих кимберлитов и (или) лампроитов и их алмазоносных разновидностей; наличие линейно сгруппированных ореолов минералов-индикаторов, включая минералы алмазной ассоциации и самих алмазов. Отметим, что собственно зоны тектономагматической активизации (зоны возбужденной мантии) не перспективны в плане формирования в их пределах обстановок, благоприятных для проявления алмазоносного магматизма, однако именно они оказывают геодинамическое воздействие на примыкающие части потенциально алмазоносных областей стабильной литосферы, способствуя термофлюидизации (в понимании В.И.Никулина и др. [7]) алмазоносного материнского субстрата и некоторому растяжению литосферы.

В пределах Кольско-Беломорского геоблока типичным примером такой зоны является Кольско-Полтинская мантийно-коровая линейно-блоковая тектоническая зона северо-западного простирания [11]. Данная структура шириной порядка 125 км и протяженностью около 700 км прослеживается через Кольский полуостров на Зимний Берег до р. Полта и далее за пределы субпровинции до р. Вычегда. К ее наиболее контрастным признакам относятся: линейная малоамплитудная (2–5 км при глубине залегания подошвы

37–42 км) депрессия в кровле верхней мантии северо-западного простирания, заполненная образованиями гранулит-базитового слоя земной коры с повышенными скоростными характеристиками (7,1–7,2 км/с на фоне 7,0 км/с и менее); полосовая зонально построенная (вкrest ее простирания) среднечастотная аномалия поля силы тяжести того же простирания. С Кольско-Полтинской зоной пространственно ассоциируют Зимнебережное и Мельское кимберлитовые поля, Ижмозерское поле слабоалмазоносных мелилититов, проявления кимберлитового и родственного ему магматизма Терского Берега, Турьинское, Полтинское и Пинежское поля проявлений толеитовых базальтов.

Анализ пространственно-временных связей позволил сделать вывод о том, что геодинамическая обстановка развития Кольско-Полтинской зоны на этапах тектогенеза, предшествующих кимберлитовому магматизму Зимнего Берега, характеризуется устойчивым режимом преобладающего сжатия и поднятия. Исключение составляет лишь рифейский этап, в ходе которого литосфера этой зоны была подвергнута частичной деструкции, связанной с рифтогенными процессами в пределах Керецко-Лешуконской ветви Беломорского авлакогена.

Тесная пространственная связь Кольско-Полтинской зоны с раннепротерозойской коллизионной структурой и Керецко-Лешуконской ветвью обусловила ее латеральную (вкrest простирания) зональность. В пределах зоны выделяются юго-западная часть (продольный блок) с относительно разуплотненной (вследствие проявления деструктивных процессов) земной корой и северо-восточная (также продольный блок относительно плотных образований) с земной корой, наименее подвергнутой переработке. С северо-восточным блоком коррелируется в плане бортовая часть Керецкого грабена (осложненная Падунским грабеном) Беломорского авлакогена, в пределах которой на рифейском этапе тектогенеза литосфера в меньшей степени подвергалась термальному воздействию. Здесь же выделяется Кольско-Кулойское ядро (палеоподнятия) протокры. Оно характеризуется сочетанием среднечастотных (с периодом 75 км) Зимнебережного максимума и минимума — типичным для пород, сохранивших первичный состав и физические свойства, присущие раннеархейским образованиям первичной коры. По всей видимости, Кольско-Кулойское ядро протокры соответствует наиболее стабильному участку литосферы, в пределах которого могла быть обеспечена со-



## 1. Геолого-геофизическая прогнозно-поисковая модель Кольско-Беломорской кимберлитовой субпровинции

Глубинные уровни литосферы		Геотермических исследований: данные моделирования геотермического поля литосферы по профилям ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, скважинам глубокого бурения, представленные в виде схем, разрезов			Геолого-геофизические признаки и материалы, используемые при выделении			Геологическая интерпретация и корреляция с тектоническими структурами	
Литосфера	Осадочный чехол		Сейсмических исследований (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, КМПВ): интерпретационные схемы, сейсмические разрезы	Гравиметрических исследований: карты поля силы тяжести в редукции Буге, составленные по результатам съемок м-ба 1:1 000 000–1:200 000	Магнитометрических исследований: карты аномального магнитного поля ( $\Delta T$ ) и составленные по результатам съемок м-ба 1:200 000	Блок (площадь порядка 300 тыс. км <sup>2</sup> ) относительно стабильной в пострифейское время литосферы, выделяемый в пределах Баттйского шита и его юго-восточного склона			Включает части структур докембрийского кристаллического фундамента с преимущественно гранулитно-гнейсовым составом земной коры: Кольского позднеархейского геоблока в составе фрагментов Центрально-Кольского и Терского блоков, Беломорского позднеархейского подвижного пояса, Лапландско-Кольского раннепротерозойского гранулитового (коллизиионного) пояса
	Земная кора		Положительные структуры в поверхности докембрийского кристаллического фундамента	Относительно плотные образования, проявленные положительной низкочастотной аномалией.	Преимущественно немагнитные образования, проявленные понижением уровнем поля				
	Нижний гранулит-базитовый слой		Средние значения скоростей продольных волн ( $V_p$ ) 6,55–6,60 км/с, поперечных волн ( $V_s$ ) 3,83–3,85 км/с	Гравитирующие объекты, обуславливающие отдельные (осложняющие) аномалии, расположены в земной коре					
	Верхняя мантия		Глубина залегания изотермы 1200°, маркирующей подошву литосферы. 150–200 км; пониженные значения глубинного теплового потока на границе Мохоровичича	Нормальные значения (8,1–8,2 км/с) скорости продольных преломленных волн вдоль раздела Мохоровичича; региональная депрессия (37,5–42,5 км и более) в рельефе кровли верхней мантии					



хранность алмазоносного потенциала верхней мантии. Зимнебережное кимберлитовое поле приурочено к юго-восточному флангу Кольско-Кулойского ядра.

Приведенные характеристики Кольско-Полтинской кимберлитоконтролирующей зоны рассматриваются как элементы геолого-геофизической прогнозно-поисковой модели, которая в сводном виде отражена в табл. 2.

*Кимберлитовое поле* — естественная группировка пространственно сближенных кимберлитовых тел, связанных происхождением с развитием единой вертикальной «стволовой» зоны повышенной проницаемости (флюидно-магматической колонны) [2].

Единственным детально изученным эталоном на севере Восточно-Европейской платформы является Зимнебережное кимберлитовое поле. В результате интерпретации геофизических данных установлено, что в плане ему соответствует локализованная область (60×85 км) деформации общего структурного плана поля силы тяжести, выраженная снижением (на 25–30 мгал) его уровня, на фоне которого выделяются отдельные локальные максимумы небольшой интенсивности. В поле горизонтального градиента данная область проявлена потерей корреляции линейных аномалий, формирующих общий структурный план градиентного поля Зимнего Берега.

Выделение составляющих элементов области деформации гравитационного поля проведено послойной частотной фильтрацией по методике Саксова-Нигарда. На карте локальной составляющей поля силы тяжести, обусловленной влиянием неоднородностей нижних горизонтов земной коры, Зимнебережному кимберлитовому полю соответствует (в плане) положительная малоамплитудная (1,0–1,5 мгал) аномалия близизомеричной формы размером в поперечнике около 40 км. Как показали расчеты, центр масс источника этой аномалии расположен на глубине порядка 25 км.

На картах локальных составляющих, обусловленных влиянием неоднородностей, расположенных в средних и верхних горизонтах земной коры, кимберлитовые трубки пространственно ассоциируют со своеобразной аномалией подковообразной формы. В центре ее наблюдается снижение локальных составляющих поля силы тяжести на 2–4 мгал, по периферии она обрамляется градиентами поля и повышенными значениями. На юго-западе аномалия «открыта» в сторону пониженных значений поля силы тяжести.

В магнитном поле над Зимнебережным кимберлитовым полем наблюдается нарушение линейного плана магнитных аномалий. Общий уровень магнитного поля повышается (на 1,5–2,5 мЭ) с образованием среднечастотной аномалии  $\Delta T$  овальной формы размером в поперечнике около 75 км. Источник, вызвавший повышение уровня магнитного поля, по результатам расчетов находится на глубине 20–25 км, т.е. глубина залегания источника положительной магнитной аномалии соизмерима с глубиной залегания упомянутого выше гравитирующего объекта, обусловившего локальную аномалию Саксова-Нигарда и расположенного в нижних горизонтах земной коры.

Отличительной особенностью сейсмического разреза, пространственно ассоциирующего с Зимнебережным кимберлитовым полем, является его расслоенность, обусловленная присутствием в разрезе земной коры на различных глубинах (15 и 25 км) слоев с инверсией скоростей продольных и поперечных волн (волноводов). Существует несколько точек зрения на причины, вызывающие снижение в них скоростей упругих волн. Прежде всего это: изменение состава пород (степени их основности); увеличение трещиноватости и пористости; вариации температурного режима; степень насыщения флюидами. В любом случае очевидно, что аномальный характер распределения сейсмических параметров разреза земной коры в области проявлений кимберлитового магматизма Зимнебережного поля неслучаен и обусловлен, скорее всего, именно флюидно-магматическими процессами.

Проведено компьютерное моделирование глубинного строения Зимнебережного поля по гравитационному полю с использованием данных магнитометрических съемок и глубинных сейсмических зондирований. В результате установлено, что (при всей неоднозначности решения прямой задачи гравиразведки) аномальный гравитационный эффект обусловлен локальным увеличением мощности разуплотненных слоев или блоков. Область разуплотнения земной коры сочетается с расположенными ниже (18–40 км) и выше (2–8 км) блоками с относительно повышенными плотностными характеристиками. Таким образом, по результатам гравитационного моделирования м-ба 1:1000 000 в разрезе земной коры Зимнего Берега выявлена субвертикальная транскоровая интегрированная плотностная неоднородность, которая пространственно совпадает с Зимнебережным полем.

Полученная плотностная модель поля увязывается с охарактеризованными выше особенностями сейсмических разрезов. Стратифициро-



ванная совокупность нижнекоровых плотностных неоднородностей практически полностью соответствует совокупности сейсмических неоднородностей, выделенных в нижних (18–40 км) горизонтах земной коры. Магнитовозмущающий объект, определяющий региональный максимум магнитного поля, также приурочен к этому интервалу глубин. Все это позволяет считать, что в нижних горизонтах земной коры под Зимнебережным полем локализована физико-геологическая неоднородность с довольно контрастными (по отношению к вмещающей среде) геофизическими параметрами, которые во многом аналогичны параметрам, присущим расслоенным интервалам мафит-ультрамафитового состава.

Таким образом, выявленная в разрезе земной коры в Зимнебережном кимберлитовом поле интегрированная совокупность физико-геологических неоднородностей (рис. 2) может быть интерпретирована как субвертикальная область преобразования мантийно-коровой толщи, генетически связанная с формированием и развитием здесь гетерогенной кимберлитобразующей системы. Последняя представлена на уровне верхней мантии — нижних горизонтов земной коры — мантийно-коровым диапиром мафит-ультрамафитового состава, на уровне консолидированной земной коры — флюидно-магматической колонной (включая базитовые, базит-гипербазитовые и кимберлитовые расплавы). В потенциальных геофизических полях она отражается в виде характерной области деформации структурных планов гравитационных и магнитных аномалий, что позволяет определить естественную границу Зимнебережного кимберлитового поля [11].

В обобщенном виде геолого-геофизическая прогнозно-поисковая модель Зимнебережного кимберлитового поля отражена в табл. 3. Отметим, что эта модель по большинству параметров согласуется с современными представлениями о структуре кимберлитобразующих систем алмазонских кимберлитовых полей Якутии.

*Куст кимберлитовых тел* — в пределах кимберлитовых (лампроитовых) полей кимберлитовые трубки располагаются дискретно, образуя локальные скопления (группы, кластеры), которые в отечественной литературе получили название «куста». Площадь этого таксона не превышает первых десятков квадратных километров. Как показали исследования И.П.Илупина, в большинстве случаев кимберлиты каждого такого куста четко отличаются от кимберлитов других кустов особенностями вещественного состава (петрогеохимия, типохимизм минералов-индикаторов) и

могут рассматриваться как производные локальных промежуточных магматических очагов (на фоне единого глубинного очага, присущего полю в целом).

К сожалению, по ряду объективных и субъективных причин разработке прогнозно-поисковой модели куста уделялось явно недостаточное внимание. Наиболее изучен в этом отношении Золотицкий кимберлитовый куст, для которого ранее была предложена предварительная прогнозно-поисковая модель [2]. На сегодняшний день эта модель существенно уточнена и детализирована, прежде всего в плане ее геофизических параметров [11].

При гравитационном моделировании м-ба 1:200 000 (подбор геоплотностных разрезов в диапазоне глубин 0–25 км) установлено, что группы (кусты) кимберлитовых тел в пределах Зимнебережного кимберлитового поля пространственно ассоциируются с локальными купольными структурами в кровле выделенной транскоровой физико-геологической неоднородности. Купольные структуры проявляются в потенциальных геофизических полях в виде комплексных аномальных областей и интерпретируются как скрытые на глубине 2–4 км (и выходящие на поверхность кристаллического фундамента) локальные ареалы базит-гипербазитового магматизма, связанные с отдельными дериватами многофазной флюидно-магматической колонны кимберлитобразующей системы Зимнебережного поля. Для них характерны комплексные положительные аномалии локальных составляющих гравитационного и магнитного полей. Большинство из кимберлитовых и родственных им тел Зимнебережного поля группируются в пределах и по периферии контуров этих ареалов. При этом обособляются не только Золотикская, Верхотинская, Шочинская, Кепинская, Пачугская группы (кусты) кимберлитовых и родственных им тел, но и меньшие по совокупности объединяемых магматических объектов группировки. Кроме того, выделяется ряд участков, в пределах которых возможно обнаружение новых проявлений кимберлитового магматизма.

Сопоставление рассмотренных аномальных особенностей потенциальных геофизических полей для района месторождения им. Ломоносова (и ближайших прилегающих территорий) с данными интерпретации крупномасштабных (1:25 000 и крупнее) аэромагнитных и аэроэлектрических съемок позволило обнаружить здесь тесную пространственную связь между гравитационными, магнитными, электрическими аномалиями и



## 2. Геолого-геофизическая прогнозно-поисковая модель Кольско-Полтинской кимберлитоконтролирующей

Л И Т О С Ф Е Р А				Геолого-геофизические признаки и	
				Сейсмических исследований (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, КМПВ): интерпретационные схемы, сейсмические разрезы	Гравиметрических исследований: карты поля силы тяжести в редукции Буге, составленные по результатам съемок м-ба 1:1 000 000–1:200 000 и крупнее
Глубинные уровни литосферы					
ВЕРХНЯЯ МАНТИЯ	ЗЕМНАЯ КОРА	ОСАДОЧНЫЙ ЧЕХОЛ			
		Верхний гранито-гнейсовый слой	<p>В поверхности кристаллического фундамента - система чередующихся грабен (с глубинами залегания 1,5-3 км) и горстов (с глубиной залегания 0,5-1,5 км).</p> <p>Присутствие на глубине 10 км слоя с аномально высокими значениями (3,90-3,95 км/с на фоне 3,70-3,75 км/с) <math>V_p</math>.</p>	<p>Пониженные (<math>1,64-1,68</math> на фоне <math>1,71</math> и более) значения параметра <math>V_p/V_s</math> до глубины 25 км</p> <p>Плотностная линейно-блоковая неоднородность (шириной ~125 км) северо-западного простирания, проявленная полосовой зонально построенной аномалией поля силы тяжести, выраженной сочетанием субпараллельных линейных зон пониженных (шириной ~50 км, обусловленной продольным блоком разуплотненных образований) и повышенных (шириной 75 км, обусловленной продольным блоком относительно плотных пород)</p>	<p>Зоны (шириной ~10 км) положительных аномалий локальных составляющих и горизонтального градиента поля силы тяжести, осложняющие полосовую зонально построенную аномалию и согласные с ее простиранием – обусловлены (по расчетным данным) гравитирующими объектами, расположенными в верхних горизонтах земной коры и выходящими на поверхность кристаллического фундамента</p>
		Промежуточный диоритовый слой	<p>Присутствие на глубине 15 км волновода по обоим типам волн</p>		<p>Положительная, с периодом 75 км, аномалия <math>\Delta g</math> овальной (вытянутой в северо-западном направлении) формы (Зимне-бережный максимум) в пределах зоны повышенных значений зонально построенной полосовой аномалии северо-западного простирания – обусловлена по расчетным данным антиклинальным поднятием (до глубин ~5 км) кровли промежуточного («диоритового») слоя – образований первичной коры</p>
		Нижний гранулит-базитовый слой	<p>Повышенные значения (7,1-7,2 км/с на фоне 7,0 км/с и менее) скорости продольных волн (<math>V_p</math>) и параметра <math>V_p/V_s</math> (1,78-1,82 на фоне 1,7 и менее). Присутствие (на глубине 30-32 км) надмантийного волновода по обоим типам</p>		
			<p>Малоамплитудная (с амплитудой порядка 2–5 км) депрессионная зона в поверхности Мохоровичича (с глубиной залегания подошвы 37,5–42,5 км) северо-западного простирания. Скорость продольных волн (<math>V_p</math>) вдоль раздела Мохоровичича 8,2 км/с</p>		



## зоны

материалы, используемые при выделении

Магнитометрических исследований: карты аномального магнитного поля ( $\Delta T$ )а, составленные по результатам съемок м-ба 1:200 000 и крупнее	Геологическая интерпретация и корреляция с тектоническими структурами	
	Мантийно-коровая линейно-блоковая тектоническая зона (шириной ~125 км, протяженностью в пределах Кольско-Беломорской субпровинции ~700 км), характеризующаяся неоднородным строением вследствие наложения деструктивных процессов на раннепротерозойском и рифейском этапах тектогенеза, эволюционирующая на платформенном (предшествующем проявлению кимберлитового магматизма) этапе в геодинамическом режиме преобладающего сжатия и преимущественного поднятия	Плановое совмещение с малоамплитудным палеоподнятием в досреднепалеозойских отложениях платформенного чехла (северо-западного простириания)
Система субпараллельных зон (шириной 5-10 км) положительных аномалий локальных составляющих поля ( $\Delta T$ )а (сочетающихся с зонами положительных аномалий и горизонтального градиента поля силы тяжести), обусловленных магнитовозмущающими объектами, расположенными в верхних горизонтах земной коры и выходящими на уровень кристаллического фундамента.  Присутствие отрицательной (с периодом 75 км) аномалии ( $\Delta T$ )а, сочетающейся в плане с Зимнебережным максимумом (в составе полосовой зонально построенной аномалии поля силы тяжести), обусловленной блоком немагнитных образований земной коры		Ассоциирует в плане с грабенами и горстами Керещко-Лепуконской ветви Беломорского авлакогена.  В пределах Балтийского щита прослеживается вдоль раннепротерозойской (Лапландско-Колвицкой) зоны коллизии Беломорского подвижного пояса и Кольского геоблока.
		Включает ядра протокры (в том числе Кольско-Кулойское) – индикаторы реликтовых областей алмазоносной мантии



проявлениями кимберлитового магматизма. Цепочка тел Золотицкой группы (куста) совмещается в плане с комплексной аномальной геофизической зоной (шириной порядка 3 км), проявленной сочетанием: локальной аномалии горизонтального градиента поля силы тяжести субмеридионального простираия; вытянутой в меридиональном направлении цепочки (шириной 1,5–3 км) положительных остаточных (после осреднения магнитного поля с окном 1×1 км) аномалий магнитного поля; аномалий повышенной проводимости (ДИП-А) также меридионального простираия. В свою очередь, субмеридиональная аномальная зона накладывается (рассекает) комплексную аномальную область (овальной формы, размером в поперечнике 11×15 км) совмещения положительных аномалий локальных составляющих гравитационного и магнитного полей. По совокупности данных вышеупомянутая субмеридиональная аномальная зона интерпретируется как сквозная дизъюнктивная зона повышенной проницаемости кристаллического

фундамента и осадочного чехла. Кимберлитовые трубки Золотицкого куста располагаются вдоль этой проницаемой зоны, при этом все промышленно алмазоносные трубки месторождения им. Ломоносова локализируются только вдоль отрезка субмеридиональной зоны повышенной проницаемости кристаллического фундамента и осадочного чехла, совмещенного с предполагаемым ареалом базит-гипербазитового магматизма.

Приведенные выше данные позволяют рассматривать установленные для Золотицкого куста аномальные характеристики в качестве элементов прогнозно-поисковой модели куста [11].

Кратко описанные выше прогнозно-поисковые модели различных минерогенических таксонов для севера Восточно-Европейской платформы по большинству параметров достаточно удовлетворительно согласуются с современными представлениями о структуре кимберлитобразующих систем алмазоносных кимберлитовых полей Сибирской платформы и мира и могут быть использованы в целях прогнозирования.

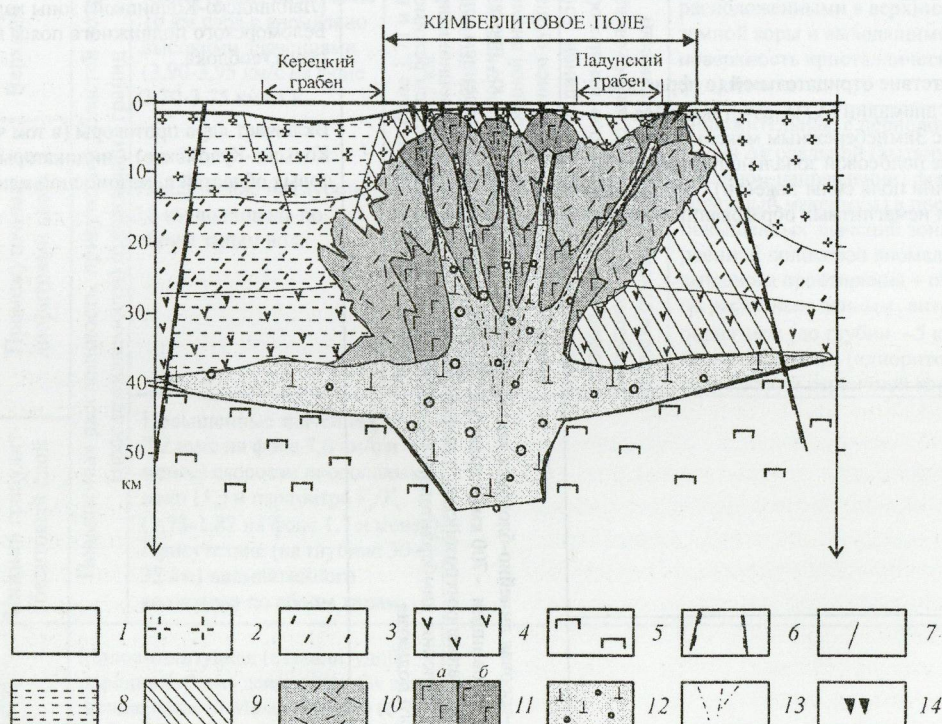


Рис. 2. Модель кимберлитобразующей системы Зимнебережного кимберлитового поля:

1 — осадочный чехол; 2 — гранитогнейсовый метаморфизованный комплекс; 3 — промежуточный (диоритовый) слой; 4 — гранулит-базитовый слой; 5 — образования верхней мантии; 6 — границы Кольско-Полтинской кимберлитоконтролирующей зоны; 7 — коровые разломы; 8 — область преобразования земной коры вследствие проявления деструктивных процессов раннепротерозойского и рифейского этапов тектогенеза; 9 — наиболее стабильная область земной коры в пределах Кольско-Кулойского ядра протокры и северо-восточного борта Беломорского авлакогена; кимберлитобразующая система кимберлитового поля: 10 — измененные коровые образования, 11 — нижнекоровый диапир (а), верхнекоровые ареалы базит-гипербазитового состава (б), 12 — флюидонасыщенные расплавы кимберлитового состава, 13 — сквозные зоны (их оси) повышенной проницаемости земной коры и осадочного чехла, 14 — тела кимберлитов



Таким образом, в принципе процесс прогнозно-поисковых работ сводится к выявлению (в определенном масштабе) соответствующих элементов прогнозно-поисковых моделей различных минерагенических таксонов и их отражению в картографическом виде. При этом надо учитывать, что, как и любая другая иерархически построенная система, модели различных таксонов сочетают разномасштабные элементы, т.е. каждая модель содержит некоторые элементы как выше-, так и нижестоящего в иерархическом ряду таксона, поэтому однозначно сопоставить масштаб работ с соответствующим таксоном невозможно. Анализ практики геологоразведочных работ на алмазы [2] показывает, что в зависимости от масштаба работ и имеющихся материалов выделяются следующие объекты или их фрагменты:

м-б 1:1 000 000 — выделение алмазоносных (потенциально алмазоносных) субпровинций и зон, предварительное установление площадей ранга поля;

м-б 1:200 000 — окончательное оконтуривание прогнозируемых полей, предварительное выделение перспективных площадей ранга куста тел; подготовка документации под лицензирование;

м-б 1:50 000 — детализация внутренней структуры поля; окончательное оконтуривание перспективных участков ранга куста тел и обоснование направлений и методики поисковых работ; заверка наиболее интересных локальных аномалий; обоснование лицензионных площадей.

Важное условие эффективности геологоразведочных работ — районирование территории по условиям ведения поисков, т.е. выделение площадей с различными типами взаимоотношений между прогнозируемыми кимберлитовыми телами и вмещающими и перекрывающими породами, что в конечном итоге определяет эффективность тех или иных поисковых методов (применительно к конкретным территориям) и рациональные схемы их комплексирования (прогнозно-поисковые комплексы).

К основным факторам, контролирующим районирование, относятся:

1. Особенности предполагаемых коренных первоисточников. Они определяются петрогенетическим типом ожидаемых коренных алмазных пород, содержаниями, соотношениями и составами минералов-индикаторов.

2. Ожидаемый возраст коренных первоисточников алмазов.

3. Предполагаемый уровень эрозионного среза. В зависимости от уровня среза на конкретных территориях на поверхность кимберлитовмеща-

ющих пород может выводиться различная часть кимберлитовой трубки: кратерные фации, диатремовые фации, корневые зоны. Каждая отличная в петрогеохимическом и петрофизическом отношении фаза внедрения при ее «выводе» на уровень эрозионного среза характеризуется своими индикационными параметрами (по крайней мере, критическими значениями этих параметров).

4. Мощность пород осадочного чехла. На кристаллических щитах или территориях, где мощность осадочного чехла не превышает 200–400 м (склоны щитов и кристаллических массивов, выступы фундамента), при обработке аэромагнитных данных зачастую невозможно определить, где находится верхняя кромка магнитовозмущающего объекта — в пределах чехла или кристаллического фундамента. Фундамент обычно интенсивно насыщен разнообразными интрузивами, создающими множество ложных аэромагнитных аномалий «трубочного» типа.

5. Характер перекрывающих отложений. В самом общем виде можно выделить следующие типы перекрытия: открытые территории, где кимберлитовмещающие породы перекрыты лишь четвертичными континентальными осадками; территории, перекрытые терригенными дочетвертичными породами (здесь эффективность прогнозно-поисковых методов зависит от мощности терригенных толщ, их фациальной принадлежности и седиментологических особенностей формирования), карбонатными или другими скальными породами, как терригенными, так и карбонатными породами, траппами; территории, где в составе четвертичных отложений доминирует сложнопостроенный комплекс ледниковых осадков.

Перечисленные факторы районирования могут достаточно произвольно сочетаться, обуславливая большое разнообразие поисковых обстановок. Следовательно, задача поискового районирования в общем виде не имеет решения; для каждого конкретного региона разрабатывается своя схема районирования исходя из указанных факторов.

Для каждого выделенного типа поисковых обстановок анализируются эффективность и разрешающая способность всех методов (геологических, геофизических, шлихоминералогических и др.) и выбирается тот комплекс методов (прогнозно-поисковый комплекс), который позволяет наиболее рационально решить главную задачу стадии — выявить основные элементы прогнозно-поисковой модели таксона, соответствующего масштабу работ.



## 3. Геолого-геофизическая прогнозно-поисковая модель Зимнебережного кимберлитового поля

Л И Т О С Ф Е Р А				Геолого-геофизические признаки	
Глубинные уровни литосферы				Сейсмических исследований: интерпретационные разрезы вдоль опорных профилей ГСЗ-МОВЗ	
Гравиметрических исследований: карты поля силы тяжести в редукции Буге, составленные по результатам съемок м-ба 1:200 000–1:50 000					
ВЕРХНЯЯ МАНТИЯ	ЗЕМНАЯ КОРА		ОСАДОЧНЫЙ ЧЕХОЛ		
	Нижний гранулит-базитовый слой	Промежуточный диоритовый слой		Верхний гранито-гнейсовый слой	
Область понижения скорости (до 8,0 км/с на фоне 8,2 км/с) продольных волн ( $V_p$ ) в подкорковом слое, приуроченная к малоамплитудному (2,5 км) прогибу (до 40 км) в рельефе поверхности Мохоровичича	Область потери корреляции отражающих границ, маркирующих кровлю гранулит-базитового слоя ( $K_2$ ), локальное поднятие (до глубин 28 км) в кровле надмантийного горизонта и отсутствие нижнекорового волновода по обоим типам волн	Область потери корреляции отражающих границ (в интервале глубин 10-30 км), проявленная на фоне повышенной расчлененности сейсмического разреза земной коры, с чередованием слоев небольшой (~5 км) мощности с повышенными и пониженными скоростными параметрами, в том числе: в интервале глубин 10-20 км - с пониженными ( $1,64-1,69$ ) значениями $V_p/V_s$ на глубинах 15 и 25 км - волноводов по обоим типам волн, характеризующихся аномальными (по отношению к вмещающим) значениями (как повышенными, так и пониженными) параметра $V_p/V_s$ .	потеря прослеживаемости отражающих границ, маркирующих: кровлю слоя (на глубине 10 км) с аномально высокими значениями ( $3,90-3,95$ км/с) $V_s$ и кровлю волновода по обоим типам волн (на глубине 15 км);	антиклинальная структура в отражающей границе на глубине 18-20 км, маркирующей кровлю слоя с повышенными значениями $V_p$ (6,65 км/с на фоне 6,20-6,45 км/с) и $V_s$ (3,92 км/с на фоне 3,65-3,70 км/с); потеря корреляции отражающей границы, маркирующей кровлю (на глубине 25 км) слоя с инверсией скорости по обоим типам волн;	По данным гравитационного моделирования м-ба 1:200 000 гравитирующие массы (размером в поперечнике 10-25 км), обуславливающие положительные локальные аномалии $\Delta g$ , обособляющиеся в слое относительно плотных (с $\Delta\sigma=0,04$ г/см <sup>3</sup> по отношению к нижележащей области) образований на глубине 2-4 км;
По данным гравитационного моделирования м-ба 1:1 000 000 - интегрированная субвертикальная трансформированная система плотностей неоднородностей	Область разуплотнения ( $\Delta\sigma=-0,05$ г/см <sup>3</sup> ) в подкорковом горизонте	Стратифицированная область уплотнения ( $\Delta\sigma=0,13-0,20-0,26$ г/см <sup>3</sup> ) в интервале глубин 18-40 км, проявленная положительной аномалией в поле локальной составляющей Саксова-Нигарда, обусловленного влиянием нижнекоровых неоднородностей	область разуплотнения земной коры ( $\Delta\sigma=(-0,09)-(-0,016)$ г/см <sup>3</sup> ) в интервале глубин 6-18 км, проявленная понижением уровня гравитационного поля на 15-20 мГл;	По данным гравитационного моделирования м-ба 1:200 000 гравитирующие массы (размером в поперечнике 10-25 км), обуславливающие положительные локальные аномалии $\Delta g$ , обособляющиеся в слое относительно плотных (с $\Delta\sigma=0,04$ г/см <sup>3</sup> по отношению к нижележащей области) образований на глубине 2-4 км;	По данным гравитационного моделирования м-ба 1:200 000 гравитирующие массы (размером в поперечнике 10-25 км), обуславливающие положительные локальные аномалии $\Delta g$ , обособляющиеся в слое относительно плотных (с $\Delta\sigma=0,04$ г/см <sup>3</sup> по отношению к нижележащей области) образований на глубине 2-4 км;
Проявлены в поле силы тяжести в редукции Буге локализованной областью деформации юго-восточного фланга среднечастотного (с периодом 75 км) максимума $\Delta g$ , выраженной понижением уровня поля на 15-20 мГл, осложненным отдельными локальными малоамплитудными максимумами близометричной и вытянутой формы и аномалиями горизонтального градиента различных пространств					



и материалы, используемые при выделении:

Магнитометрических исследований: карты аномального магнитного поля ( $\Delta T$ ) а составленные по результатам съемок м-ба 1:200 000–1:25 000 и крупнее	Аэроэлектроразведочных (м-ба 1:25 000) исследований (ДИП-АД): карты локальных аномалий продольной проводимости, интерпретационные схемы	Геологическая интерпретация и корреляция с тектоническими структурами
<p>магнитные образования, формирующие узкие (3,0-1,5 км и менее) линейные, различно ориентированные зоны, проявленные цепочками положительных (интенсивностью 4-20 нТл) высокочастотных аномалий, по данным съемок м-ба 1:25 000 и крупнее, часто сочетающиеся с аномалиями горизонтального градиента поля <math>\Delta g</math>;</p> <p>скрытые на глубине (1,5-5 км) и выходящие на поверхность кристаллического фундамента магнитные неоднородности, проявленные положительными (интенсивностью 1-6 нТл) локальными аномалиями поля (<math>\Delta T</math>) а различной частотности, близоземетричной и вытянутой формы;</p> <p>магнитовозмущающий объект на глубине 20-25 км, проявленный среднечастотным (с периодом 70 км) максимумом (интенсивностью 1,5-2,0 нТл) магнитного поля</p> <p>Проявлены в магнитном поле области деформации его общего структурного плана, выраженной: потерей прослеживаемости аномальных зон северо-западного и субмеридионального простираний, повышением среднего уровня поля (на 1,5-2,0 нТл), на фоне которого выделяются отдельные максимумы близоземетричной и вытянутой формы</p>	<p>Зоны повышенной электропроводности преимущественно субмеридионального и северо-восточного простираний</p>	<p>Сквозные зоны (размером в поперечнике 3,0-1,5 км и менее) повышенной проницаемости кристаллического фундамента и осадочного чехла, вдоль которых размещаются тела кимберлитов и родственных им пород</p> <p>Погребенные на глубине (2-4 км) и выходящие на поверхность кристаллического фундамента ареалы базит-гипербазитового магматизма (размером в поперечнике 10-25 км), связываемые с отдельными обособлениями («дериватами») флюидно-магматической колонны</p> <p>Область развития флюидно-магматической колонны, несущей базитовые, базит-гипербазитовые и кимберлитовые расплавы</p> <p>Мантийный диапир мафит-ультрамафитового состава (глубина залегания кровли 18-20 км)</p> <p>Область (размером 60×85 км) преобразования мантийно-коровой толщи, связываемая с формированием и развитием здесь гетерогенной кимберлитовообразующей системы</p> <p>Контролируют локализацию групп тел кимберлитов и родственных им пород</p> <p>Контуром комплексной аномальной области определяется естественная граница кимберлитового поля</p>







Особое значение здесь имеет шлихоминералогический метод. Все упомянутые выше геолого-геофизические критерии являются косвенными (может быть, а может и не быть) и лишь минералогические данные (наличие ореолов минералов-индикаторов ближнего переноса и самих алмазов в рыхлых отложениях) дают прямую информацию о наличии в пределах прогнозной площади алмазоносных (потенциально алмазоносных) объектов. Подчеркнем, что, согласно существующим инструктивным документам, оценка прогнозных ресурсов категории  $P_3$  проводится только при наличии убедительных минералогических данных, если же они отсутствуют, то даже яркие косвенные геолого-геофизические критерии позволяют оценивать лишь металлогенический потенциал.

В неледниковых районах шлиховое опробование наиболее эффективно на открытых площадях, где оно проводится в ходе маршрутных исследований. В ледниковых районах (а к таковым относится практически вся территория Восточно-Европейской платформы) наиболее эффективные результаты могут быть получены на площадях, где ледниковые осадки непосредственно перекрывают кимберлитовмещающие породы.

При мощности ледниковых осадков более 60 м обломочный материал с их подошвы не выводится на поверхность, поэтому опробование водотоков не имеет смысла. При залегании ледниковых отложений на древних терригенных осадках минеральный состав ледниковых образований опосредованно отражает состав древних толщ. В этом случае эффективность шлихоминералогических поисков резко снижается.

В ледниковых районах, в отличие от неледниковых, теряет смысл проведение шлихового опробования по равномерной сети. Это связано с крайне незначительными размерами ореолов, возникающих в большинстве типов ледниковых осадков. Рекомендуются следующие методические приемы опробования. Опробование проводится по профилям, расположенным вкост направлении перемещения ледника, отложившего рельефообразующую морену. Цель опробования — выявление смены шлиховой ассоциации по направлению перемещения ледника. Появление кимберлитовых минералов может свидетельствовать о нахождении на пути перемещения ледника искомым объектов. Наиболее оптимально в этом отношении опробовать краевые ледниковые образования. При их отсутствии можно

**Рис. 3. Карта структурно-минералогического районирования и прогноза коренной алмазоносности севера Восточно-Европейской платформы (на основе геофизических данных):**

*Структурно-тектоническое районирование. 1 — границы: а — распространения чехольных отложений Русской плиты (маркирующая границу между Балтийским щитом и Русской плитой), б — между Русской плитой и Тимано-Печорской тектонической областью, в — структурно-вещественных неоднородностей раннекембрийского кристаллического фундамента; архейские геоблоки: 2 — Карельский, 3 — Кольский в составе: а — Мурманского блока, б — Центрально-Кольского сегмента (Цк бл — Центрально-Кольский, Кв бл — Кейвский, Тр бл — Терский геоблоки); 4 — зеленокаменные пояса в составе архейских геоблоков: а — позднеархейские (в том числе б — Колмозеро-Воронья), в — протерозойские; 5 — протоплатформенный чехол; б — проторифтогенные пояса: П — Печенгский, И-В — Имандра-Варзугский (формирующие Печенга-Имандра-Варзугский пояс), Вп — Ветреный; 7 — Беломорский позднеархейский подвижный пояс; 8 — Лапландско-Колвицкий раннепротерозойский гранулитовый пояс в составе: Лп — Лапландского и Кл — Колвицкого поясов; 9 — Тимано-Печорская байкальская тектоническая область (а), выходы байкалитов на современный уровень эрозионного среза в ее пределах (б); 10 — рифейские грабены: а — Беломорского (Кд — Кандалашский, Тр — Терский, Он — Онежский Онежско-Кандалакшской ветви авлакогена; Кр — Керещкий и Пд — Падунский, Лк — Лешуконский Керещко-Лешуконской ветви авлакогена), б — Баренцево-мурского и Среднерусского авлакогенов; 11 — Ботническо-Хибинская зона палеозойской активизации, по данным Л.И. Увадьева и др., 1989; 12 — трансформные и прочие разломы. Известные поля проявлений кимберлитового, лампроитового (и родственного им) магматизма и отдельные проявления магматизма платформенного этапа развития. 13 — кимберлитовые: а — в целом, б — Зимнебережное поле с установленной промышленной алмазоносностью (выделенное по геолого-геофизическим данным в представленной работе); 14 — проявлений лампроитов и родственных кимберлитам пород; 15 — толеитовых базальтов. Элементы глубинного строения, в том числе определяющие позицию Зимнебережного (промышленно алмазоносного) и прогнозируемых (потенциально алмазоносных) кимберлитовых полей. 16 — Кольско-Беломорский блок относительно стабильной (на платформенном этапе развития) литосферы с относительно плотной земной корой гранулитогнейсового состава, отождествляемой с одноименной кимберлитовой субпровинцией; 17 — области возбужденной мантии в основании Мезенской синеклизы и Онежского прогиба; 18 — Кольско-Полтинская мантийно-коровая линейно-блоковая тектоническая зона северо-западного простирания в целом; 19 — часть, прослеживаемая в пределах Кольско-Беломорской кимберлитовой субпровинции и отождествляемая с Кольско-Полтинской кимберлитоконтролирующей зоной; 20 — ядра протокры, в том числе К-К — Кольско-Кулойское; 21 — часть зоны, совмещенная с северо-восточным бортом Беломорского авлакогена; 22 — зоны глубинных разломов (а), в том числе Мегра-Кеппинская (б), контролирующая позицию Зимнебережного кимберлитового поля. Прогноз потенциально алмазоносных кимберлитовых полей. 23 — контуры прогнозируемых кимберлитовых полей*



опробовать водотоки, более или менее совпадающие с направлением профиля, пляжи, цепочки озер. Последние представляют наибольший интерес, так как на пляжах озер происходит естественное обогащение шлиховой ассоциации за счет перемыва большого объема ледниковых осадков.

Составление карт прогноза коренной алмазности различного (1:2 500 000–1:200 000) масштаба проводится на основе интегрированного анализа промежуточных карт и схем (тектонического строения докембрийского кристаллического фундамента, глубинного структурно-минерогенического районирования, структурно-формационных по осадочному чехлу, морфометрических, шлихоминералогического опробования и др.) соответствующего масштаба. С этих промежуточных карт на итоговую карту прогноза коренной алмазности выносятся, согласно разработанным критериям, все алмазоконтролирующие факторы, выявленные в ходе проведения исследований того или иного масштаба рассматриваемых территорий различными методами. По результатам комплексного анализа этих «алмазоконтролирующих» факторов оценивается степень перспективности рассматриваемых площадей на проявления в их пределах алмазоносного магматизма.

С использованием охарактеризованной выше стадийной прогнозно-поисковой технологии в ЦНИГРИ за последнее время составлена сводная карта алмазности Восточно-Европейской платформы м-ба 1:2 500 000; для основных алмазоперспективных регионов м-ба 1:1 000 000–1:500 000, с отдельными врезками м-ба 1:200 000. Эти карты лежат в основе планирования геологоразведочных работ на алмазы, переоценки прогнозных ресурсов, выделения площадей под лицензирование.

В качестве примера приведена карта прогнозно-минерогенического районирования и прогноза коренной алмазности северо-западной части Восточно-Европейской платформы (рис. 3). На карте отражены границы основных минерогенических таксонов (субпровинция, зона, поле), показаны известные проявления ким-

берлитового и родственного ему магматизма и выделены три наиболее перспективные площади ранга кимберлитового поля — Пялицкая, Мурманская и Терская.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышев А.С. Физико-геологическая модель кимберлитового поля и оптимальный комплекс геологических, геофизических и геохимических прогнозно-поисковых критериев // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. Мирный, 1998.
2. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и мира (основы прогнозирования). — М.: ЗАО Геоинформмарк, 2000.
3. Ваганов В.И., Голубев Ю.К., Минорин В.Е. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуск «Алмазы». — М.: ЦНИГРИ, 2002.
4. Кривцов А.И., Яковлев П.Д. Структуры рудных полей и месторождений, металлогения и прогноз рудоносности: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1991.
5. Манаков А.В. Технология выделения литосферного корня на основе интегрированного анализа геолого-геофизических данных. Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. — Воронеж, 2001.
6. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / В.И.Ваганов, А.Г.Волчков, М.М.Константинов и др. — М.: ЦНИГРИ, 1989.
7. Никулин В.И., Лелюх М.И., Фон-дер-Флаас Г.С. Алмазопрогностика (методическое пособие). — Иркутск, 2002.
8. Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля и кобальта / М.Б.Бородаевская, А.И.Кривцов, А.П.Лихачев и др. — М.: Недра, 1987.
9. Прогнозно-поисковые комплексы. Вып. II. Методические рекомендации по прогнозу и поискам медно-порфировых месторождений. — М.: ЦНИГРИ, 1983.
10. Прогнозно-поисковые системы для месторождений алмазов / В.И.Ваганов, В.И.Варламов, А.А.Фельдман и др. // Отечественная геология. 1995. № 3.
11. Прусакова Н.А. Геолого-геофизическая прогнозно-поисковая модель Зимнебережного кимберлитового поля: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. — М., 2004.
12. Суворов В.Д. Глубинные сейсмические зондирования в Якутской кимберлитовой провинции. — Новосибирск, 1993.
13. Шимизу Н., Соболев Н.В., Ефимова Э.С. Химическая гетерогенность гранатовых включений и ювенильность перидотитовых алмазов из Сибири // Геология и геофизика. 1997. Т. 38 (Спецвыпуск).



УДК 622.777:622.342.1

© Г.В.Седельникова, Г.С.Крылова, П.П.Ананьев 2005

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ

Г.В.Седельникова, Г.С.Крылова (ЦНИГРИ МПР России), П.П.Ананьев (НП «Центр высоких технологий»)

В последние годы в мире наблюдается устойчивая тенденция снижения качества минерального сырья. В общем объеме перерабатываемых промышленностью руд благородных металлов сокращается доля легкообогащаемого сырья с высоким содержанием золота и соответственно возрастает удельный вес труднообогащаемых или упорных руд.

В ЦНИГРИ накоплен большой опыт исследования упорного золотосодержащего сырья и разработаны эффективные технологии переработки руд более 30 месторождений благородных и цветных металлов, в том числе наиболее значимых — Майского, Воронцовского, Неждановского, Олимпиадинского, Кумтор и др. Разработанные технологии переработки руд использованы при расчете кондиций и утверждении запасов, проектировании, строительстве и реконструкции горно-металлургических предприятий [2, 4–6].

Для извлечения благородных металлов из упорных золото-мышьяковых руд и концентратов в ЦНИГРИ совместно с ТУЛНИГП и ИНМИ РАН разработаны биогидрометаллургическая технология и технологические регламенты на проектирование промышленных предприятий по переработке упорных золотосодержащих концентратов ряда месторождений России, стран СНГ и зарубежья. Разработанная биотехнология впервые в России внедрена на Олимпиадинском месторождении ЗАО «Полюс» при строительстве золотоизвлекательной фабрики, где с использованием бактерий ежегодно производится свыше 10 т золота [1, 2].

Для повышения извлечения драгоценных металлов из частично упорных руд и концентратов, по-видимому, нерационально применение сложных и дорогостоящих методов, используемых при переработке высокоупорных руд и концентратов. Целесообразно применение простых и малозатратных способов. Исследования новой нетрадиционной технологии на основе магнитно-импульсной обработки (МИО) показали, что несомненным

преимуществом новой технологии является ее малая энергоемкость. Затраты электроэнергии на 1 т перерабатываемого материала составляют не более 0,5 кВт·ч.

Выполненные в ЦНИГРИ совместно с НП «Центр высоких технологий» исследования показали положительное влияние МИО на эффективность основного технологического процесса переработки руд и концентратов ряда золотоизвлекательных фабрик России и стран СНГ — цианирования [3].

Использование МИО перед цианированием позволяет повысить эффективность процесса растворения золота в цианистом растворе. В результате предварительного энергетического воздействия за счет ослабления межкристаллических связей в минеральных комплексах возникают микротрещины, облегчающие проникновение цианида к тонковкрапленному золоту, заключенному в сульфиды, кварц и другие минералы. За счет вскрытия этих упорных форм золота и его растворения повышается общее извлечение металла из выщелачиваемого сырья.

Ранее выполненными исследованиями ЦНИГРИ показано, что применение магнитно-импульсной обработки позволяет повысить показатели извлечения благородных металлов из золотосодержащего сырья. Так, из руды текущей добычи месторождения Многовершинное извлечение золота увеличивается в среднем с 91,5 до 93,5% (на 2,5%), из сульфидных концентратов месторождения Неждановское с 79 до 88% (на 9%).

Объектом настоящих исследований была богатая золотосодержащая руда Акжальской золотоизвлекательной фабрики. В соответствии с технологическим режимом фабрики руда подвергается измельчению до крупности 90% –0,074 мм и перерабатывается с применением технологии сорбционного цианирования в течение 28 ч. Извлечение золота на фабрике составляет в среднем 88–89%. С хвостами цианирования теряется до 1,5 г/т Au.



Показатели извлечения золота при цианировании руды Акжальской фабрики с применением магнитно-импульсной обработки и без нее

Крупность измельчения, мм	Без МИО		С МИО	
	Извлечение Au, %	Содержание Au в хвостах, г/т	Извлечение Au, %	Содержание Au в хвостах, г/т
50%–0,074	84,34	1,9	87,71	1,49
70%–0,074	88,95	1,34	92,05	0,97
80%–0,074	90,60	1,14	93,24	0,82
90%–0,074	92,42	0,92	94,72	0,64
95%–0,074	94,23	0,70	95,13	0,59
95%–0,050	96,21	0,46	95,79	0,51

Исследования проводились на пробе руды текущей добычи, содержащей 12,1 г/т Au и 8,4 г/т Ag. По минеральному составу исследуемая руда представлена в основном кварц-полевошпатовым материалом с небольшим содержанием карбонатов и золотосодержащих сульфидов. Золото в руде практически равномерно распределено по классам крупности и на 92,5% находится в цианируемой форме, в том числе 38% представлено свободным самородным металлом. Количество упорного золота в руде составляет 7,5%, в том числе 3,8% Au ассоциировано с кислоторастворимыми минералами и сульфидами и 3,7% тонко вкраплено в порообразующие минералы.

При испытаниях сорбционного цианирования руды в ЦНИГРИ с соблюдением технологических режимов фабрики извлечение золота из измельченной руды крупностью 90%–0,074 мм составило 92,4%.

Сравнение результатов выполненных испытаний по цианированию руды с различной крупностью измельчения без применения магнитно-импульсной обработки при цианировании и с МИО показало положительное влияние как тонины помола руды, так и МИО на характеристики извлечения золота при цианировании (таблица).

Увеличение тонины помола руды с 90% класса –0,074 мм (фабричный режим) до крупности 95%–0,074 мм повышает извлечение золота из руды на 1,8%, при сверхтонком помоле (95%–0,050 мм) — на 3,4% без использования МИО.

Применение предварительной МИО пульпы при цианировании исследуемых классов крупности руды (50, 70, 80, 90, 95%–0,074 мм) дает устойчивый прирост извлечения золота на 2–3%.

С помощью МИО руды крупностью 90% класса –0,074 мм при цианировании достигается эффект (94,72% извлечения Au), сравнимый с результатом, полученным при цианировании руды более тонкого помола — 95%–0,074 мм (94,23% извлек-

чения Au). Содержание золота в хвостах цианирования снижается с 0,92 до 0,64 г/т за счет применения МИО. При этом расход электроэнергии на МИО составил 0,5 кВт·ч/т руды, тогда как доизмельчение руды до крупности 95%–0,074 мм требует не менее 3–5 кВт·ч/т.

Следовательно, использование технологии МИО без изменения фабричного режима измельчения позволяет повысить извлечение золота из руды Акжальской фабрики на 2,5% при низких затратах электроэнергии (0,5 кВт·ч/т).

Аналогичная работа была выполнена для интенсификации процесса цианирования сульфидного концентрата фабрики Кумтор. Применение тонкого измельчения руды на фабрике 80%–0,020 мм позволяет извлекать 88–91% золота из разных типов руд, однако содержание его в хвостах цианирования концентрата остается довольно высоким — 3–6 г/т. Выполненные испытания по использованию МИО при цианировании концентратов на фабрике Кумтор дали положительный эффект от применения магнитно-импульсной технологии. Средний прирост извлечения составил 1–1,5%.

Принимая во внимание высокую эффективность и низкую энергоемкость 0,5 кВт·ч/т магнитно-импульсной технологии, рекомендуется шире использовать ее при технологической оценке руд разведываемых месторождений и в промышленной практике переработки золотосодержащего сырья с целью повышения рентабельности отработки месторождений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биогидрометаллургическая технология переработки золотосодержащих упорных мышьяковых концентратов / Г.В.Седельникова, Р.Я.Аслануков, Е.Е.Савари и др. // Горный журнал. 2002. № 2. С. 65–68.
2. Новый концентрат для извлечения золота из природного и техногенного сырья / А.И.Романчук,



- А.И.Никулин, В.В.Жарков и др. // Обогащение руд. 2001. № 6. С. 27–30.
3. *Применение нетрадиционных технологий переработки золотосодержащего сырья* / Г.В.Седельникова, Г.С.Крылова, Е.Е.Савари и др. // Минеральные ресурсы России. 2004. № 7. С. 62–63.
  4. *Седельникова Г.В.* Переработка рудного и россыпного золотосодержащего сырья — новые технологии. // Вторая международная конференция «Золотодобывающая промышленность России на пороге третьего тысячелетия. Проблемы и перспективы». М., 2000. С. 133–154.
  5. *Седельникова Г.В.* Проблема освоения коренных месторождений золота: технологический аспект // Минеральные ресурсы России. 1996. № 5. С. 21–25.
  6. *Технология и технические средства для извлечения свободного золота из проб золотосодержащих руд* / А.И.Романчук, А.И.Никулин, В.В.Жарков и др. // Горный журнал. 2003. № 12. С. 79–83.



**ЦНИГРИ**

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ  
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

## РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РУД И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

**К**учное выщелачивание (КВ) — один из наиболее современных и перспективных методов переработки минерального сырья.

По сравнению с традиционной технологией КВ требует в 1,5 и более раз меньших капитальных и эксплуатационных затрат, что вместе с простотой аппаратурного оформления позволяет обеспечить строительство и пуск предприятия в течение 1 года.

Только методом КВ возможно прибыльно обрабатывать рудные объекты (месторождения, отвалы руд, техногенное сырье) с небольшими запасами или с низким содержанием (от 0,8 г/т) золота.

ЦНИГРИ имеет практический опыт по освоению и внедрению технологии КВ золота из руд и хвостов обогатительных фабрик.

Наши высококвалифицированные специалисты за короткий срок:

- выберут наиболее благоприятные объекты для отработки способом КВ;
- проведут полный комплекс технологических исследований и разработают технологический регламент для проектирования;
- составят технико-экономическое обоснование строительства предприятия и выполнят проектные работы;
- обеспечат инженеринговое сопровождение на всех этапах строительства, освоения и первых лет эксплуатации предприятия.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ  
Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 113-59-54  
Факс: (095) 313-18-18  
E-mail: tsnigri@pol.ru

© Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2000



## ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ

13 февраля 2004 г. исполнилось 90 лет **Виктору Андреевичу Ярмолюку** — одному из самых заслуженных и авторитетных геологов России, бывшему заместителю министра геологии СССР, заслуженному геологу РСФСР, лауреату Ленинской премии.

В.А.Ярмолук родился 13 февраля 1915 г. в одной из маленьких деревень Амурской области в семье крестьян переселенцев из Украины. В 1931 г. он поступил во Владивостокский геолого-разведочный техникум, который окончил в 1933 г. Трудовую деятельность начал с коллекторской должности на разведке угольных месторождений Сахалина, а закончил заместителем министра геологии огромной страны.

До 1950 г. В.А.Ярмолук работал во многих геологических партиях и экспедициях Дальнего Востока. Ему приходилось заниматься самыми различными вопросами — от изучения геологического строения труднодоступных и малоисследованных территорий до разведки месторождений полезных ископаемых. В эти же годы при его непосредственном участии был найден сикхотэ-алинский метеорит. В.А.Ярмолук сразу зарекомендовал себя как хороший организатор. Так, в 1950 г. он принимал участие в организации Камчатской геологической экспедиции, руководителем которой был до 1954 г. Почти невероятно, что за столь короткий срок вся территория Камчатки была покрыта геологической съемкой м-ба 1:1 000 000. В это же время были выявлены новые месторождения различных полезных ископаемых, в том числе коренные и россыпные месторождения золота. С 1954 г. В.А.Ярмолук возглавляет Дальневосточное ГУ, ставшее под его руководством одним из крупнейших геологических объединений СССР. Существенный вклад он внес в открытие и изучение месторождений золота, олова, полиметаллов. С 1955 по 1965 гг. им опубликованы крупные монографии по геологии и полезным ископаемым Дальнего Востока, Северо-Востока и Камчатки. Все это стало причиной перевода его в 1965 г. в Министерство геологии СССР на должность начальника отдела минеральных ресурсов; в конце 1966 г. он назначается заместителем министра геологии СССР. В течение 20 лет В.А.Ярмолук курировал все зарубежные работы советских геологов и научные исследования в геологической отрасли.

Природная любознательность, организованность, работоспособность, скрупулезность и добросовестность сопутствовали всем исследованиям В.А.Ярмолюка. За серию публикаций по древним толщам Алданского щита ему была присуждена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук (и это без диплома о высшем образовании!). В 1965 г. за разведку месторождений Приморского оловорудного района он стал лауреатом Ленинской премии.

Огромный опыт производственной и организаторской деятельности В.А.Ярмолук использовал в переговорах с зарубежными правительствами и фирмами по заключению контрактов на различные виды геологических работ в Алжире, Афганистане, Иране, МНР, Сирии, на Кубе и в других странах. Он неоднократно выезжал на места работ советских геологов в разные страны, участвовал во многих международных конгрессах и конференциях. Всего он посетил более 50 стран. Впечатления о поездках, встречах с зарубежными коллегами и различными чиновниками иногда самого высокого ранга аккуратно фиксировались им в дневниках, которые он вел с 12 лет (и ведет до сих пор). Эти днев-





ники послужили основой для серии его геологических мемуаров о деятельности наших геологов за рубежом. В 2001 г. В.А.Ярмолюком опубликована документальная книга «Геология — жизнь моя...», в которой рассказывается о геологическом освоении Камчатки, работе на Дальнем Востоке и о многом другом.

Открытый доброжелательный характер, умение идти на контакт с людьми, широкая эрудиция в сочетании с хорошей памятью, готовность прийти на помощь — все эти качества снискали ему любовь и уважение со стороны коллег-геологов в нашей стране и за рубежом.

В.А.Ярмолюк продолжает активно трудиться, интересуется геологией и историей Москвы, пополняет коллекцию минералов, занимается общественной работой.

Сердечно поздравляем Виктора Андреевича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, благополучия, творческих успехов!

*Дирекция и Ученый совет ИГЕМ РАН  
Редколлегия журнала*



## ЦНИГРИ — 40 лет

Когда друзьям на юбилее  
Несем признание и тепло,  
В душе немножечко жалею,  
Что столько времени прошло.  
И эту золотую зрелость  
Ума, и чувств, и жизни всей  
Порой бы нам сменить хотелось  
На безрассудство юных дней.  
Упорных, трудных и счастливых,  
На смелый поиск в гуще тем,  
Когда оправданы порывы  
Без пересчетов ЭВМ...  
Сегодня, к счастью, все иначе.  
Ни у кого сомнений нет,  
Что наша общая удача  
Вот эти ЦНИГРИ — 40 лет.  
Несли все эти 40 лет  
Годов тридцатых ветераны  
И те, кто шли за ними вслед,  
Труд вдохновенный, неустанный.  
Нам навсегда родными стали  
От первых лет до этих дней  
Урала голубые дали,  
Алдан и Лена, Енисей.  
И Баргузин, и Забайкалье,  
И Приамурье, и Кавказ.  
В степях казахских, на Алтае  
Земные недра знают нас.  
И знаний светлые истоки  
Нам открывают с давних пор  
Громада Северо-Востока  
И Средней Азии простор.  
Чтобы приблизить срок открытий,  
К единой цели правят шаг  
Геолог и обогатитель,  
И геофизик, и горняк.  
В борьбе за ценные металлы  
Одной судьбой связавшей нас,  
Высокой самой пробы стала,  
Такой же твердой, как алмаз,  
Сплоченность, воля коллектива,  
Залог того, что с каждым днем,  
Все ближе к солнечным вершинам  
Мы со страной родной идем!  
Память умершим и признание,  
Благодарность учившим нас,  
На тернистом пути познания,  
Весь безмерный энтузиазм.  
Наша комплексность, наша спаянность,  
Верность делу — наш лучший щит,  
Наших споров задор отчаянный,  
Даже строгость наших зашит!  
Но и новое пусть просторно  
Входит в будущее смело.  
Станет база лабораторная  
Пусть на уровне нашего дела.  
Будут глубже наши идеи  
И точнее прогнозы станут.  
Молодые — еще смелее,  
Пожилые — еще неустанней.

Из «ЦНИГРИ А Д Ы» Лидии Александровны Николаевой

## ЦНИГРИ — 50 лет

Мы говорим — еще не вечер,  
Но время обернуться вспять.  
Одних уж нет, а те далеке,  
И остается вспоминать.  
Победы юбилейный год  
Двойную радость нам несет  
(Счастливая примета!) —  
Полсотни лет наш институт  
Включает неустанный труд  
В труды страны Советов.  
Отметим с гордостью опять,  
Что научились мы внедрять  
Плоды работы жаркой,  
Что акты шлют издалека  
И эффективность велика,  
И гордо держим марку!  
Что, умножаясь, что ни год,  
На смену молодежь растет,  
Что базы всюду строим.  
Но мы и критикой сильны,  
И, провожая год, должны  
Припомнить и иное...  
Пока ни с места до сих пор  
О перегрузках разговор —  
Один три темы дюжит,  
Сидит без сна, без выходных,  
Другой — хоть и от сих до сих —  
Умеренно загружен.  
Бывают пляшут сроки тем:  
Вдруг неожиданно совсем,  
Велят поставить точку;  
Иной руководитель сам,  
Не вникнув сразу в суть программ,  
Взывает об отсрочке.  
Но и на солнце пятна есть,  
И то, что мы сказали здесь,  
Уйдет со старым годом,  
Мы недостатки изживем,  
Они же никогда притом  
Не делали погоды.  
Встречая Новый мирный год,  
Идти без усталости вперед  
Желаем коллективу!  
Пусть будет славен он трудом,  
Получит новый светлый дом  
И заживет на диво.  
Внедрений пожелаем всем  
И интересных новых тем,  
Идей и озарений;  
Чтоб ломка новая структур  
Для впечатлительных натур  
Прошла без треволнений!  
Здоровья, силы, счастья вам,  
С кем все заботы пополам  
Мы разделяем честно;  
Пусть в юбилейный этот год  
Родной наш ЦНИГРИ обретет  
Почетную известность!



## ЦНИГРИ – 60 лет

Как всегда начальственным приказом  
 Был и день геолога рожден...  
 По естественной глубинной связи  
 К дню рожденья ЦНИГРИ создан он!  
 Потому для нас всегда так значим  
 Праздник, наступивший в день весны,  
 Вспоминаем трудности, удачи,  
 Все пути, что были суждены.  
 Этот день — не просто годовщина,  
 Магия сильна особых дат —  
 Повод и достойная причина  
 Показать, чем институт богат.  
 Сколько нас, — сегодняшних и первых, —  
 Устоявших в дни боев и смут,  
 Сил вложили в основание веры  
 В наш весной рожденный институт!  
 Общие победы и тревоги,  
 И извечный денежный вопрос,  
 Карты, варианты технологий,  
 Установки, книги и прогноз,  
 Банки данных, новые программы  
 Можем занести себе в актив.  
 Лишь одна существенная драма,  
 Что не молодеет коллектив...  
 Но о нас узнают молодые  
 И не постареет институт,  
 Чтобы снова богатеть России  
 Юные геологи придут.  
 Так что наше главное богатство —  
 Устремленность дальше и вперед,  
 Методы, идеи, наше братство,  
 Те, кто делу сердце отдает.  
 Нам судьба послала главный выигрыш  
 В выборе дороги и друзей.  
 Пусть живет и процветает ЦНИГРИ,  
 Славится работою своей!

Из «ЦНИГРИАДЫ» Лидии Александровны Николаевой

## ЦНИГРИ – 70 лет

Уверенные молодые лица,  
 Открытый взгляд незамутненных глаз —  
 Таким их облик в памяти хранится,  
 Такими видим снимки их сейчас...  
 В науку не вгрызаясь однобоко,  
 Не чуждые практических забот,  
 От первых дней, от самого истока,  
 В исследованиях — комплексный подход.  
 Учились сами, создавали школы,  
 Работой утверждая каждый шаг,  
 Геоморфолог, химик и технолог,  
 Геолог, геофизик и горняк.  
 Они пройдут сраженья и бараки,  
 Без привилегий, без больших наград,  
 На фронте и в таежных буераках  
 Наш институт взрастят и защитят.  
 Росли и развивались филиалы,  
 Алмазные края вступали в строй,  
 Все шире круг провинций и металлов:  
 Медь, никель, цинк и серебро.  
 Гипотезы и смелые прогнозы,  
 Полеты мысли и сухой расчет,  
 Самоотдача, честный труд без позы —  
 Вот этим ЦНИГРИ каждый день живет.  
 И нам за все сегодня быть в ответе —  
 За прошлый и за будущий наш труд,  
 За все, чего за семь десятилетий  
 Добился ЦНИГРИ — славный институт!  
 Так пусть же в это время непростое  
 Наш ЦНИГРИ не отступит ни на пядь,  
 Как богатырь российский, что достоин  
 Дороги к новой жизни выбирать,  
 Чтоб знали мы, что правнукам и внукам  
 Богатство и достоинство несем.  
 Так с праздником отраслевой науки  
 И ЦНИГРИ юбилейным торжеством!



## ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

### **Серия: Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов**

1. Выпуск «**Золото**». Беневольский Б.И., Блинова Е.В., Бражник А.В., Кривцов А.И., Крынтя Е.Е., Лобач В.И., Михайлова М.С., Мызенкова Л.Ф., Новиков В.П., Стороженко А.А., Чанышев И.С. / Отв. ред. Беневольский Б.И. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 182 с. 28 табл. 54 ил.
2. Выпуск «**Экзогенная золотоносность**». Матвеева Е.В., Набровенков О.С., Риндзюнская Н.М., Сапрыкин А.А., Филиппов В.П. / Отв. ред. Вартамян С.С., Риндзюнская Н.М. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 130 с. 6 табл. 33 ил.
3. Выпуск «**Алмазы**». Ваганов В.И., Голубев Ю.К., Минорин В.Е. / Отв. ред. Голубев Ю.К. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 76 с. 19 ил.
4. Выпуск «**Медь**». Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Волчков А.Г., Володин Р.Н., Звездов В.С., Минина О.В., Никешин Ю.В. / Отв. ред. Кривцов А.И. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 212 с. 57 ил.
5. Выпуск «**Никель и кобальт**». Кочнев-Первухов В.И., Кривцов А.И., Августинчик И.А., Заскинд Е.С. / Отв. ред. Кривцов А.И. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 54 с. 9 табл. 57 ил.
6. Выпуск «**Свинец и цинк**». Ручкин Г.В., Конкин В.Д., Донец А.И., Августинчик И.А., Кудрявцева Н.Г. / Отв. ред. Ручкин Г.В. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 169 с. 44 ил.

### **Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов**

1. **Золото-серебряные месторождения**. Константинов М.М., Варгунина Н.П., Косовец Т.Н., Стружков С.Ф., Сынгаевский Е.Д., Шишакова Л.Н. – М.: ЦНИГРИ, 2000. 239 с. ил. 138.
2. **Си-Ni-МППГ месторождения норильского типа**. Кривцов А.И., Кочнев-Первухов В.И., Конкина О.М. и др. – М.: ЦНИГРИ, 2001. 180 с. 17 табл. 69 ил.
3. **Меднопорфировые месторождения**. Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. / Под ред. Кривцова А.И. – М.: ЦНИГРИ, 2001. 232 с. 89 ил.
4. **Прогнозно-поисковые модели алмазоносных россыпей России**. Минорин В.Е. / Под ред. Кривцова А.И. – М.: ЦНИГРИ, 2001. 117 с. 35 ил.
5. **Месторождения колчеданного семейства**. Кривцов А.И., Минина О.В., Волчков А.Г., Абрамова Е.Е., Гричук Д.В., Ельянова Е.А. / Под ред. Кривцова А.И. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 298 стр. 126 ил.
6. **Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах**. Ручкин Г.В., Донец А.И. / Под ред. Кривцова А.И. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 123 стр. 45 ил.
7. **Пространственные металлогенические таксоны. Справочное пособие**. Ваганов В.И., Волчков А.Г., Кочнев-Первухов В.И., Кривцов А.И., Кузнецов В.В., Мигачев И.Ф., Новиков В.П., Ручкин Г.В. / Под ред. Кривцова А.И., Ручкина Г.В. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 82 с. 20 табл. 15 ил.
8. **Системы оценки и разведки россыпных месторождений золота и платиноидов на основе многофакторных моделей**. Куторгин В.И., Джобадзе В.А., Тарасов А.С. и др. / Под ред. Куторгина В.И. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 236 с. 25 табл. 65 ил.
9. **Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем**. Константинов М.М., Косовец Т.Н., Кряжев С.Г., Наталенко М.В., Стружков С.Ф., Устинов В.И. – М.: ЦНИГРИ, 2002. 92 с. 43 табл. 55 ил.