

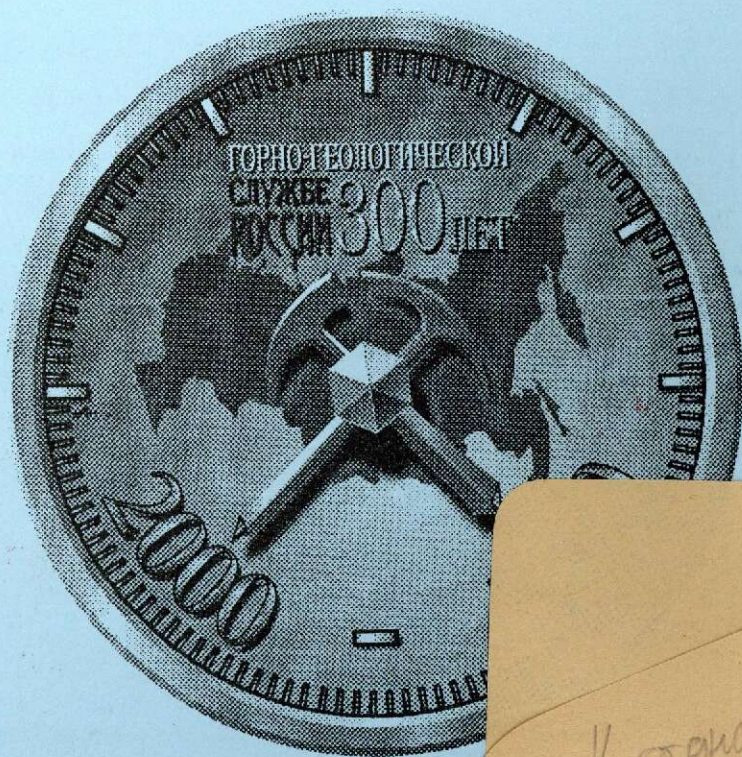
РУДЫ  
И  
МЕТАЛЛЫ



1/2000

ISSN 0869-5997





Катамант  
Сорский  
Техвагзе  
Фабриков



# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

**1/2000**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **И.Ф. МИГАЧЕВ**

Б.И. БЕНЕВОЛЬСКИЙ  
Э.К. БУРЕНКОВ  
В.И. ВАГАНОВ  
В.И. ВОРОБЬЕВ  
П.А. ИГНАТОВ  
М.М. КОНСТАНТИНОВ  
А.И. КРИВЦОВ, зам. главного редактора  
Н.К. КУРБАНОВ  
Г.А. МАШКОВЦЕВ  
В.М. МИНАКОВ  
Н.И. НАЗАРОВА, зам. главного редактора  
Г.В. ОСТРОУМОВ  
В.М. ПИТЕРСКИЙ  
В.И. ПЯТНИЦКИЙ  
Г.В. РУЧКИН  
Ю.Г. САФОНОВ  
Г.В. СЕДЕЛЬНИКОВА  
В.И. СТАРОСТИН  
И.А. ЧИЖОВА

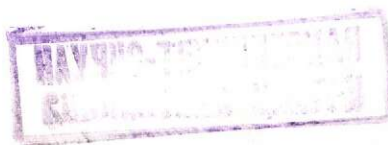
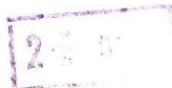
УЧРЕДИТЕЛЬ

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

Издается при участии

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

Москва ЦНИГРИ 2000







# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ

АЛТЫН ТЕХНИКА

ДЛЯ ВАС В ПЕЧАТИ

УДОБНО И НАДОРО

1/2000

Редакция: Н.И. Назарова, Г.В. Вавилова  
Оригинал-макет — Н.П. Кудрявцева  
Компьютерный набор — В.К. Комарова

Сдано в набор 15.12.99  
Подписано в печать 25.01.2000  
Тираж 350 экз.

Формат 297×420 1/2  
Бумага офсетная №1  
Печать офсетная

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



**Прикладная металлогения и  
недропользование***Мигачев И.Ф.*

Минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов в сбалансированном развитии общества — тенденции использования и воспроизводства

5

*Терентьев В.М., Марков К.А., Харламов М.Г.*  
Методологические основы прогнозно-металлогенических исследований и составления карт среднего масштаба рудных и потенциально рудных районов

16

*Карпузов А.Ф., Карпузова Н.У.*

Прогнозно-металлогенический блок в структуре Госгеолкарты масштабов 1:1 000 000—1:200 000

27

*Машковцев Г.А., Покалов В.Т.*

Прогнозно-поисковые работы — основа укрепления сырьевой базы отечественной промышленности (на примере черных, легирующих и радиоактивных металлов)

32

*Кременецкий А.А.*

Прогноз крупных и уникальных золоторудных месторождений: теория и практика

40

*Бородин Л.С.*

К методологии прогнозно-минерогенического анализа редкометальных магматических формаций

50

*Архангельская В.В.*

Специфика регионального и локального прогнозирования крупных и уникальных месторождений литофильных редких металлов

61

**Дискуссии**

О карлинском типе месторождений золота — приглашение к дискуссии (от главного редактора)

69

*Константинов М.М.*

Золоторудные месторождения типа карлин и критерии их выявления

70

*Федорчук В.П.*

О генезисе золоторудных месторождений карлинского типа

76

**Рецензии***Быбочкин А.М.*

Железорудная база черной металлургии России в XXI веке

79

**Applied Metallogeny and the  
Subsurface use***Migachev I.F.*

Mineral base of precious and base metals in the balanced development of society — use and replenishment trends

*Terent'ev V.M., Markov K.A., Kharlamov M.G.*  
Methodological basis for prediction-metallogenic studies and compilation of medium-scale maps of ore and potential ore districts

*Karpuzov A.F., Karpuzova N.U.*

Prediction-metallogenic block as a part of the State Geological Map to a scale of 1:1 000 000—1:200 000

*Mashkovtsev G.A., Pokalov V.T.*

Prediction and prospecting — a basis for strengthening the national mineral base (the example of ferrous, alloying and radioactive metals)

*Kremenetsky A.A.*

Prediction of large and unique gold deposits: theory and practice

*Borodin L.S.* On methodology of prediction-mineragenetic analysis of rare metal magmatic formations

*Arkhangel'skaya V.V.*

Specific features of regional and local prediction of large and unique lithophilic rare metal deposits

**Discussions**

On the Carlin-type gold deposits — invitation to discussion (by Editor-in-Chief)

*Konstantinov M.M.*

The Carlin — type gold deposits and their identification criteria

*Fedorchuk V.P.* On the genesis of the Carlin-type gold deposits

**Book reviews***Bybochkin A.M.*

Iron mineral base for the Russian ferrous metallurgy in the 21-st century



Редакционная почта

Чекалин В.И.  
К 50-летию Алтайской полиметаллической экспедиции

83

Поздравляем с юбилеем

Н.Г. Баранову, В.И. Бровкина, В.Ф. Гуреева, О.В. Минину, А.И. Никулина, А.И. Романчука, Г.В. Ручкина, В.А. Ярмолюка

89

Памяти Д.И.Горжевского

95

Letters

Chekalin V.I.  
50-th anniversary of the Altai Polimetallic Expedition

Congratulations

N.G. Baranova, V.I. Brovkin, V.F. Gureev, O.V. Minina, A.I. Nikulin, A.I. Romanchuk, G.V. Ruchkin, V.A.Yarmolyuk

Memorial to D.I.Gorzhevsky



# ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ



УДК 553.04:553.4

© И.Ф.Мигачев, 2000

## МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В СБАЛАНСИРОВАННОМ РАЗВИТИИ ОБЩЕСТВА — ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА\*

**И.Ф.Мигачев (ЦНИГРИ МПР России)**

Состояние минерально-сырьевой базы и место России среди ведущих стран мира. Минерально-сырьевая база (МСБ), созданная в СССР к середине 80-х годов, по комплексу полезных ископаемых и масштабам их запасов отвечала задачам полного минерально-сырьевого обеспечения страны, включая значительные объемы экспорта. Долговременные тенденции интенсивного наращивания запасов, не увязанные с реальными возможностями роста производственных мощностей, привели к возникновению «избыточных» запасов многих полезных ископаемых (ПИ) и весьма высоких уровней обеспеченности добычи, в том числе за счет постановки на баланс месторождений, находящихся на грани рентабельности освоения.

Минерально-сырьевая база РФ не только унаследовала исходные диспропорции и проблемы МСБ СССР, но и подверглась ряду негативных изменений. Так, сырьевая база РФ оказалась дефицитной по набору ПИ и масштабам запасов некоторых стратегических металлов. Обострились диспропорции между географо-экономическим размещением сырьевой базы, инфраструктуры, производительных сил и производственных мощностей. Эксплуатируемые месторождения некоторых ПИ оказались отрезанными от завершающей ме-

таллургической стадии технологических циклов, как и российская металлургия от горно-добывающих производств в бывших республиках СССР.

Однако сырьевая база РФ сохранила лидирующее положение в мире по запасам и добыче ряда высоколиквидных ПИ (нефть, газ, алмазы, платиноиды, никель, кобальт и др.), производство которых размещалось на ее территории. По запасам и производству МПГ РФ, являясь естественным монополистом мирового масштаба, сохранила лидирующее положение в мире, вслед за ЮАР. Лидерство РФ по запасам никеля и кобальта обеспечено месторождениями Норильско-Талнахской группы, эксплуатируемых РАО «Норильский никель» с одновременной добычей МПГ и производством значительной части российской меди. Занимая первое место в мире по запасам серебра, сосредоточенным главным образом в месторождениях с рудами комплексного состава, к 1997 г. РФ по добыче этого металла оказалась на девятом месте, вслед за Китаем. Третья-четвертая позиции РФ в мире по запасам меди, цинка, свинца определяются крупными масштабами не только эксплуатируемых месторождений (в первую очередь Норильско-Талнахских), но и не осваиваемых промышленностью (медистые песчаники Удокана, цинково-медноколчеданные Урала, колчеданно-полиметаллические Урала, Алтай и Бурятия). Четвертое место РФ по добыче меди обеспечивается за счет РАО «Норильский никель». По добыче

\* Текст доклада оргкомитета совещания «Металлология и методы металлогенического анализа и прогноза рудных объектов — состояние и перспективы применения для воспроизводства фонда недропользования». Москва, ЦНИГРИ, 24—25 ноября 1999 г.



уступает Индии и ЮАР, где запасы этих металлов весьма ограничены.

Структура минерально-сырьевой базы золота России (как по запасам, так и по добыче) принципиально отличается от таковой во всех странах мира. В течение многих десятилетий основной объем отечественной золотодобычи обеспечивали россыпные месторождения. Эта же ситуация сохранилась в Российской Федерации. Соотношения источников золотодобычи в России за полвека практически не изменились. Спад добычи золота в стране происходит вследствие истощения россыпной МСБ и незначительного ввода производственных мощностей новых горно-добывающих предприятий на коренных месторождениях золота, которые лидируют по запасам. Наряду с истощением МСБ россыпного золота и снижением ее качества, на уровень золотодобычи в РФ негативно воздействовали падение цены золота на мировом рынке, отсутствие экономического стимулирования механизмов функционирования свободного рынка золота в стране, несовершенство законодательства о недрах и драгоценных металлах и ряд других факторов. Имеющаяся в России резервная МСБ рудного золота реально позволит при наличии соответствующих инвестиций не только компенсировать спад добычи из-за истощения россыпей, но и значительно ее увеличить. Стабилизация добычи россыпного золота возможна при условии технологического обновления производства (особенно в области обогащения золотоносных песков), освоения россыпей новых типов, а также расширения геологоразведочных работ по воспроизводству МСБ в старых золотоносных регионах и на новых территориях (Восточно-Европейская платформа, техногенные россыпи и др.).

Экономические реформы прямо или косвенно привели к ухудшению сырьевой базы РФ по многим ПИ и спаду горно-рудного производства. Существенно сократились доступные для рентабельного извлечения запасы как за счет происходящих в стране общеэкономических процессов, так

и по причине распада горно-добывающих отраслей, функционировавших в качестве замкнутых профильных экономических подсистем. В итоге прибыльные предприятия оказались на грани рентабельности, «планово-убыточные» обанкротились, а средние существенно сократили производство, в том или ином виде перейдя на «хищническую» отработку только высококачественных запасов. Несовершенство горного законодательства и фискальной системы в совокупности с кризисным состоянием экономики и политическими рисками резко понизили уровень «востребованности» МСБ и ее инвестиционную привлекательность. Кроме того, в связи с рядом негативных факторов сырьевая база, даже в остаточном «активном» виде, оказалась под воздействием эффекта замораживания вследствие бесконкурсной передачи действующим горно-добывающим предприятиям ранее «приписанных» к ним запасов в количестве, многократно превосходящем достигнутые и планируемые ими уровни добычи на период лицензионного недропользования при очевидно ограниченных собственных инвестиционных возможностях. Положение усугубилось исходно ограниченным, а после дефолта 1998 г. еще более сократившимся инвестиционным потенциалом отечественных банков и повышением инвестиционных рисков для зарубежных кредиторов.

Ускоренная реализация лицензионной системы привела к разделу сырьевой базы на распределенный и нераспределенный фонды недропользования. В силу отмеченных выше причин система не дала ожидавшегося повышения эффективности недропользования и роста добывающей промышленности. В распределенной части сырьевой базы оказалась весьма значительной доля нерентабельных для освоения запасов, но еще более высока их доля в нераспределенном фонде, который приближается к состоянию практически полной неликвидности в современных условиях (рис. 1).

Спад добычи большинства ПИ, невоз-





Рис. 1. Структура фонда недропользования по запасам категорий А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>

возможность ввода новых горно-добывающих мощностей, получение приростов запасов, не компенсирующих убывающую добычу, привели к тому, что МСБ РФ год от года медленно убывает. При этом в первую очередь сокращаются экономически доступные для освоения запасы (рис. 2—5). Например, возможный рост производства среднемировыми темпами таких важных для страны ПИ, как платиноиды и золото, не обеспечен необходимыми производственными мощностями. Особенно остра ситуация с коренными месторождениями золота, освоение которых ведется весьма ограничено. Запасы россыпного золота — основного на сегодня источника отечественной добычи — истощаются быстрыми темпами, и к 2005—2010 гг. есть реальная возможность полностью потерять эту МСБ (рис. 6, 7). Не менее сложное положение с платиноидами. Их основным поставщиком является уникальная по набору элементов и запасов Норильская группа медно-никелевых месторождений, из которой добываются не только практически все платиноиды и никель, но также более 60% меди и другие не менее ценные ПИ. Даже при темпах добычи богатых медно-никелевых руд на уровне Канады 1980 г. их запасов едва хватит до 2025 г. Несмотря на доста-

точно богатую МСБ свинца (четвертое место в мире), Россия занимает лишь 13 место по его добыче. По сравнению с 1991 г. производство свинца упало в 6,5 раз и вышло на уровень Ирана 1993—1995 гг. При таких темпах производства Россия в недалеком будущем может потерять свинцовую горно-рудную промышленность (рис. 8, 9).

Таким образом, сырьевая база России по запасам ведущих ПИ в значительной степени омертвлена, а государство как собственник недр фактически перестает обладать инвестиционно привлекательным фондом недропользования. Система недропользования к концу столетия фактически потеряла устойчивость, а следовательно, ее экономическая безопасность уязвима от воздействия внутренних и внешних факторов. Соответственно для МПР России как структуры управляющей фондом недр на современном этапе с каждым днем обостряются проблемы по возвращению системы в устойчивое состояние и прежде всего по развитию МСБ. Решение этих проблем назрело исходя из интересов национальной безопасности, геополитики и социально-экономического развития страны и должно предусматривать:

оживление МСБ, ее «реализацию» не



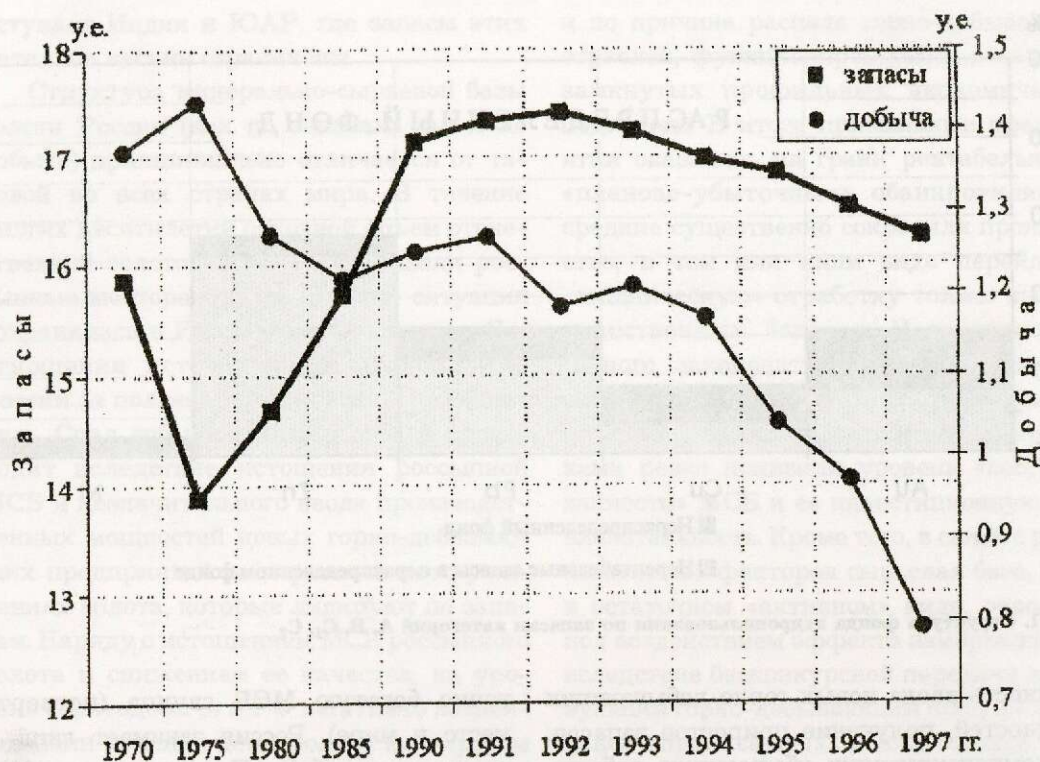


Рис. 2. Динамика запасов категорий А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> и добычи россыпного золота в России за 1970—1997 гг.

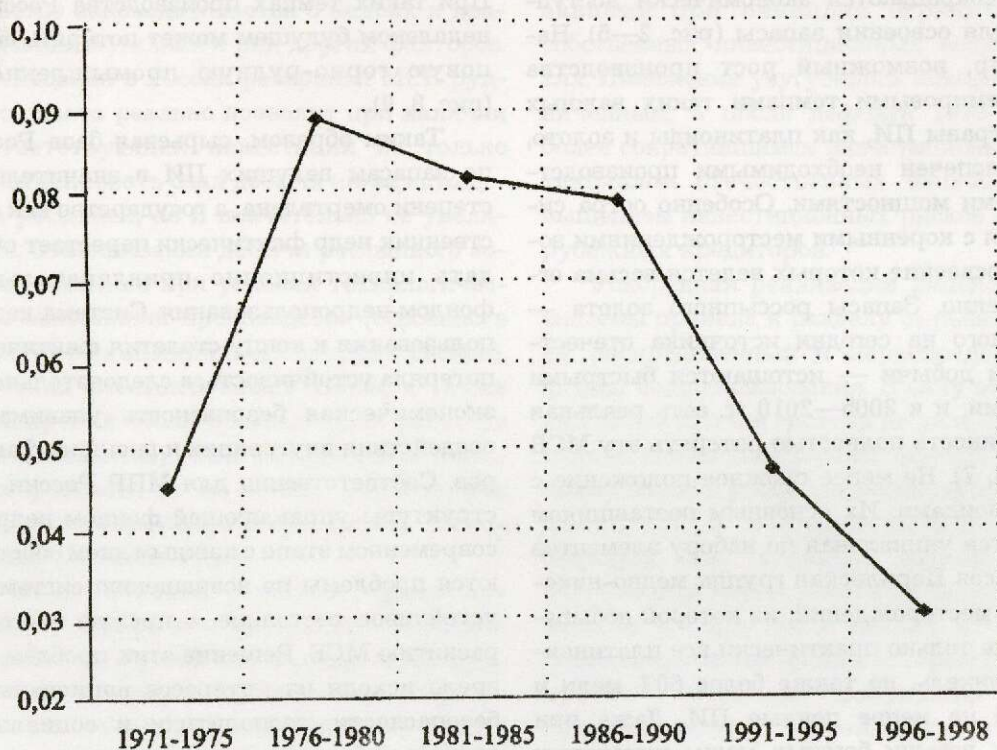


Рис. 3. Динамика среднегодовых темпов воспроизводства запасов россыпного золота в России по пятилетиям



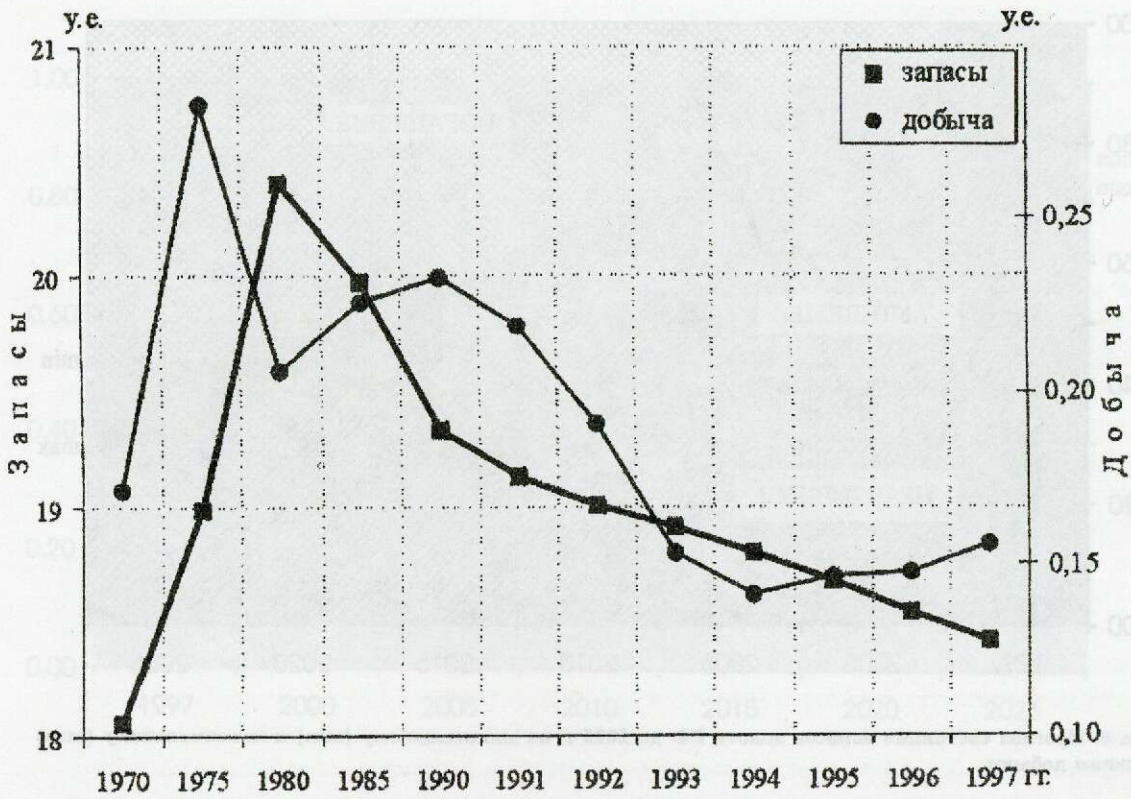


Рис. 4. Динамика запасов категорий А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> и добычи МПГ в России за 1970—1997 гг.

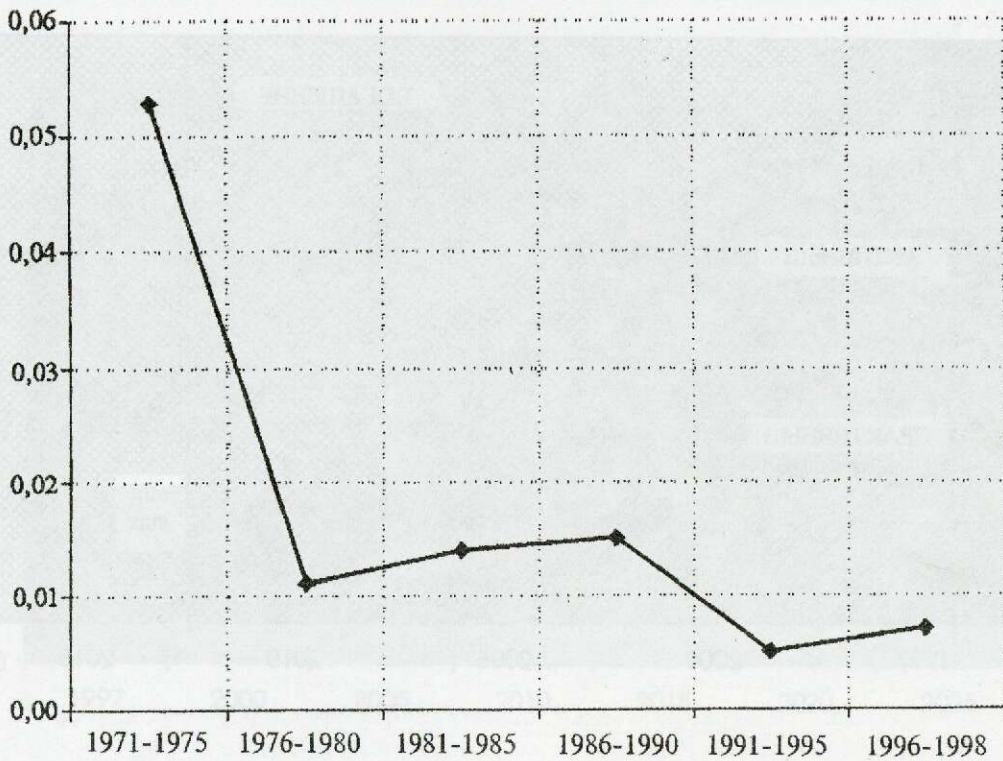


Рис. 5. Динамика среднегодовых темпов воспроизводства запасов МПГ в России по пятилетиям



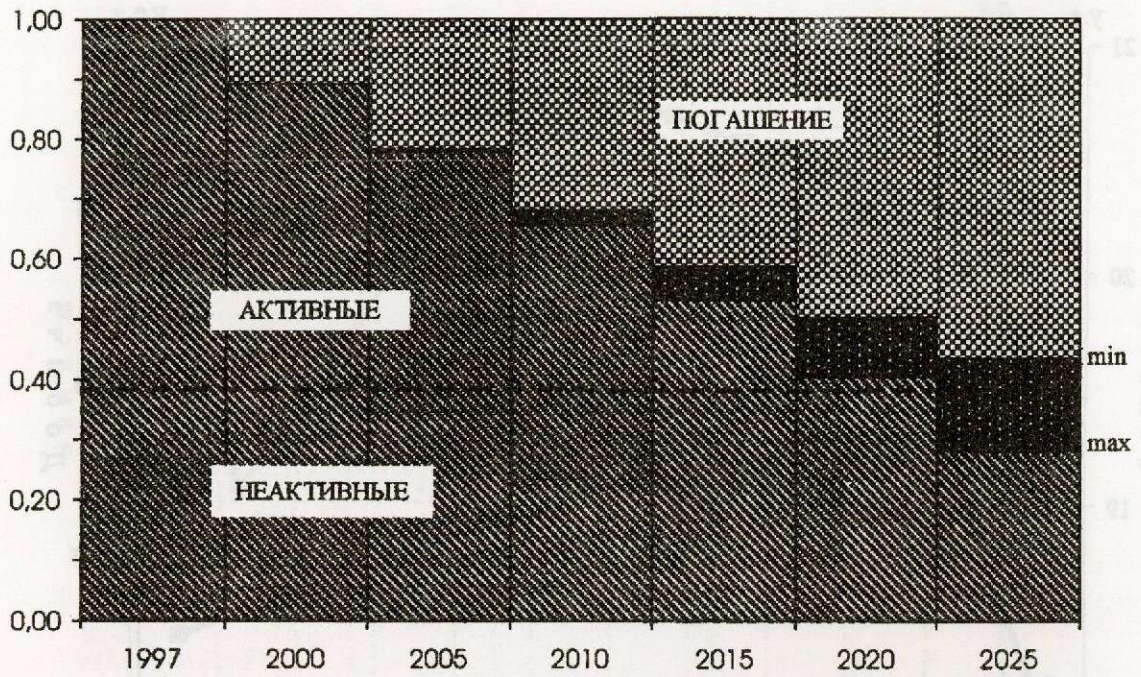


Рис. 6. Прогноз состояния запасов золота РФ до 2025 г. по минимальному (min) и максимальному (max) уровням добычи

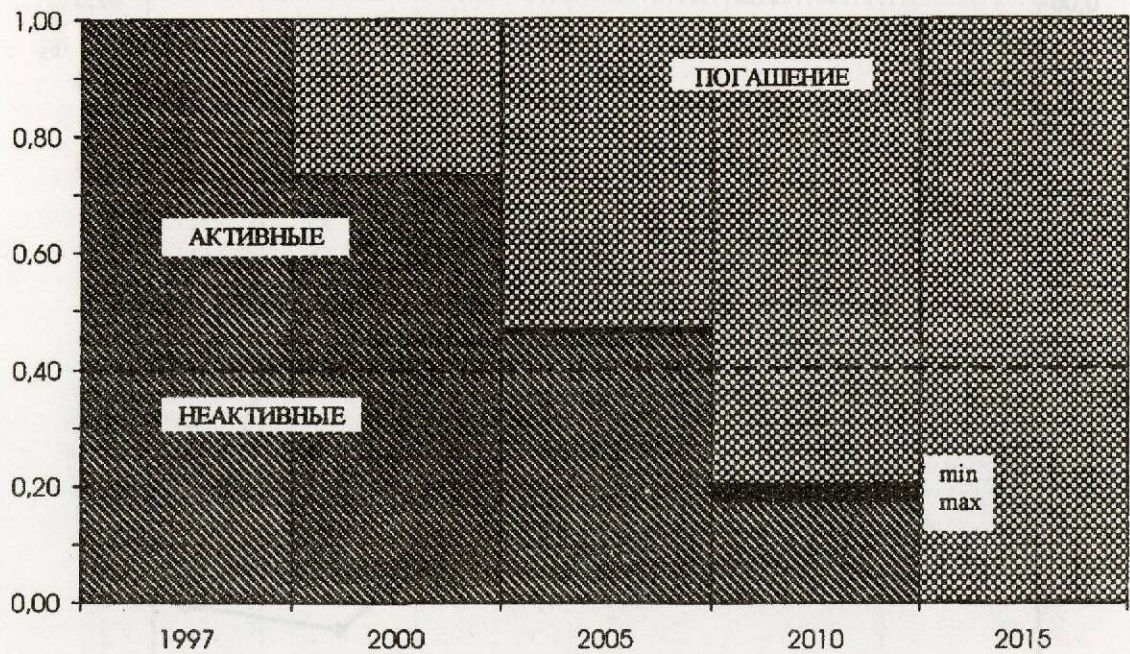


Рис. 7. Прогноз состояния запасов россыпного золота РФ до 2025 г. по минимальному и максимальному уровням добычи



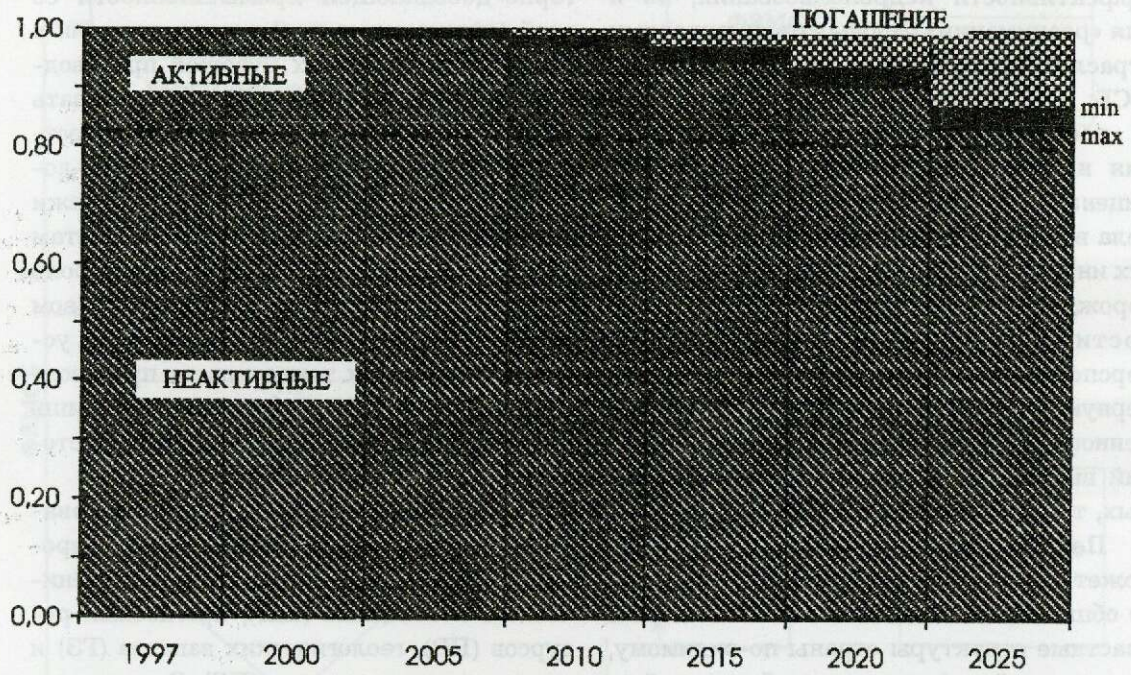


Рис. 8. Прогноз состояния запасов свинца РФ до 2025 г. по минимальному и максимальному уровням добычи

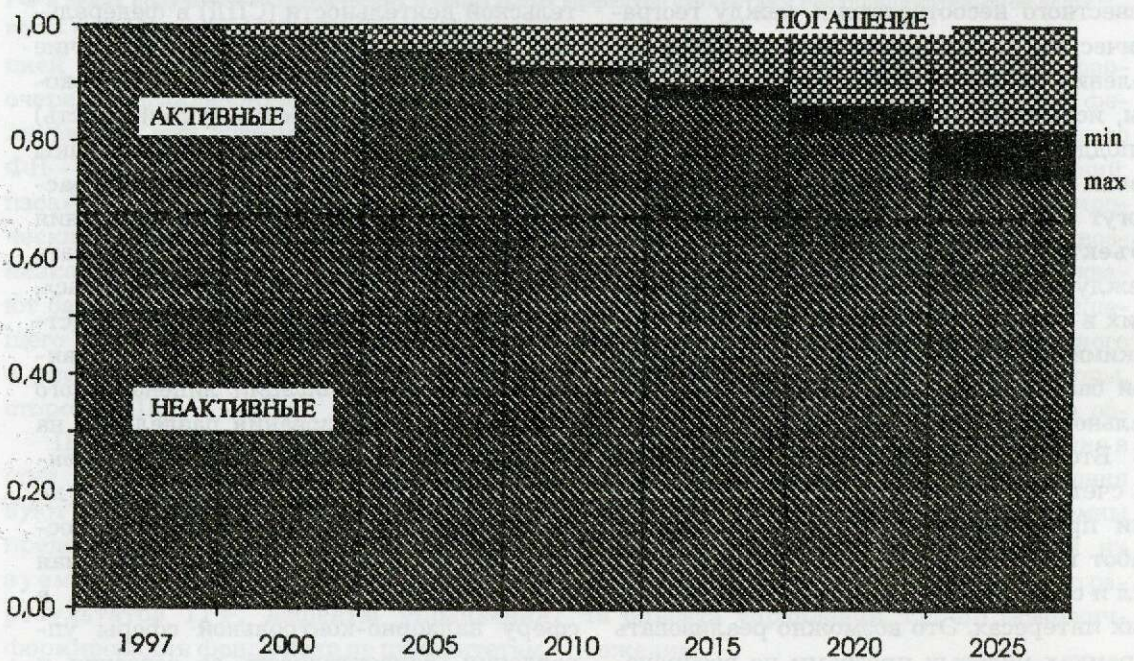


Рис. 9. Прогноз состояния запасов цинка РФ до 2025 г. по минимальному и максимальному уровням добычи



только в целях повышения экономической эффективности недропользования, но и для «реанимации» базовых промышленных отраслей, опирающихся на отечественную МСБ;

воспроизводство фонда недропользования в целях расширения базы системы лицензирования, создания поискового задела в федеральных, региональных и других интересах, а также для выявления месторождений дефицитных ПИ, по возможности отвечающих современным и перспективным экономическим условиям; в первую очередь это касается заблаговременного создания резервных месторождений высоколиквидных полезных ископаемых, таких как платиноиды, золото и др.

Первая из указанных проблем не может не быть решена МПР России в силу ее общенациональной значимости. Высшие властные структуры страны по-видимому, должны пойти (вынуждены будут пойти, как показывает опыт ряда стран) на выведение недропользования в особую систему налогообложения, обеспечивающую льготы строящимся горно-добывающим предприятиям. Эта проблема особенно остра из-за известного несоответствия между географическим размещением запасов ПИ и населения нашей страны. Крайние регионы, испытывающие проблемы сохранения и поддержания населения в условиях остановки горно-добывающих предприятий, могут уже в ближайшем будущем стать объектами геополитической экспансии международного сообщества и лидирующих в нем держав, обладающих более высокими возможностями по освоению сырьевой базы или имеющих недостаток минерального сырья.

Вторая проблема может быть решена за счет имеющегося потенциала МПР России при целенаправленной организации работ и сбалансированном распределении сил и средств в федеральных и региональных интересах. Это возможно реализовать в рамках целевых программ по воспроизводству и использованию сырьевой базы.

Однако состояние МСБ, распределен-

ного и нераспределенного фондов недр, горно-добывающей промышленности со всей очевидностью показывает, что если в качестве достижимых рубежей производства в России ведущих ПИ рассматривать уровни их добычи 1991 г., близкие существующим проектным мощностям горно-добывающих предприятий, то такие рубежи отвечают только минимальным вариантам развития и радикально не меняют роль России на мировом минерально-сырьевом рынке. Даже при самых благоприятных условиях и высоких темпах роста производства Россия к 2025 г. сможет выйти лишь на уровень развитых стран конца XX столетия.

**Система управления недропользованием России.** Федеральный фонд недропользования (ФН) состоит из металлогенического потенциала (МП), прогнозных ресурсов (ПР), геологических запасов (ГЗ) и промышленных запасов (ПЗ). Система управления фондом недропользования — природными ресурсами минерального сырья — создана для получения экономических и социальных эффектов (ЭСЭ) от освоения ФН субъектами предпринимательской деятельности (СПД) в федеральных и региональных интересах. Наличие федерального фонда недр определяет экономическую безопасность (устойчивость) страны (рис. 10). Современный ФН страны практически полностью был создан до распада СССР и на начало функционирования системы недропользования может рассматриваться как исходный «складской запас», полученный распорядителями по наследству. Вместе с тем, исходный (унаследованный) ФН при реализации лицензионного порядка недропользования разделится на распределенную (РФН) и нераспределенную (НРФН) части, ни одна из которых не была существенно воспроизведена за последние годы. РФН — наиболее ликвидная часть ФН, переданная СПД, перешла в сферу надзорно-контрольной сферы управления. Эффективность ее освоения и использования практически определяется общей социально-экономической ситуа-



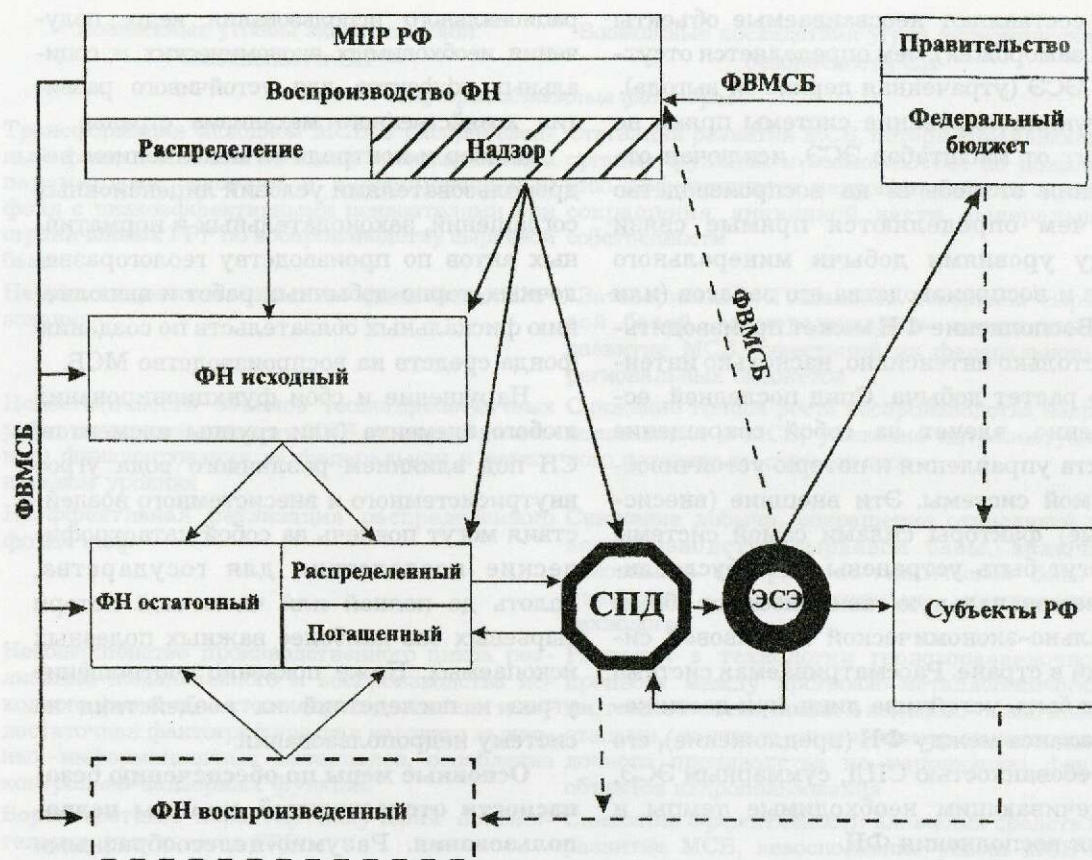


Рис. 10. Система создания и распределения фонда недропользования и минерально-сырьевой базы МНР РФ в целях получения экономических и социальных эффектов субъектами предпринимательской деятельности в общенациональных интересах

цией в стране и ее правовой (в первую очередь фискальной) базой. НРФН — малоликвидная или совсем неликвидная часть ФН — аналог «остаточного складского запаса» (металлогенический и минерагенический потенциал, прогнозные ресурсы низкой достоверности), которые составляют базу для воспроизводства ФН, требующего ревизии, т.е. переоценки (в том числе и уценки) в целях привлечения спроса со стороны СПД.

При переоценке ФН и его воспроизводстве достижению устойчивости препятствуют следующие основные факторы: непредсказуемость спроса на ФН; непредсказуемость (вероятностный фактор) результатов ГРР; дефекты управления формирования фонда недр по приоритетам, районам, средствам, срокам исполнения ГРР, кадров, баланса-дисбаланса в системе федеральный центр — регионы — СПД;

недостаток средств, направляемых на формирование ФН, вследствие отсутствия федеральной политики и внутрисистемного распределения имеющихся ассигнований; несоблюдение и нарушение оптимизированных технологий ГРР в результате воздействия экономических факторов, некачественных управленческих решений, недостаточного профессионального уровня исполнителей. В целом факторы, нарушающие устойчивость системы в области минерально-сырьевого обеспечения в части поддержания необходимого уровня ФН, в значительной мере внутрисистемны по своей природе и при сохранении их воздействия в перспективе возможна утрата объекта управления, т.е. его самоуничтожение.

Основной ЭСЭ создается в той части РФН, которая осваивается после передачи прав пользования. Значительную долю



РФН составляют неосваиваемые объекты (РФН заморожен), чем определяется отсутствие ЭСЭ (утраченная державой выгода).

Функционирование системы прямо не зависит от масштабов ЭСЭ, исключая отчисления от добычи на воспроизводство ФН, чем определяются прямые связи между уровнями добычи минерального сырья и воспроизводства его запасов (или ФН). Восполнение ФН может производиться настолько интенсивно, насколько интенсивно растет добыча. Спад последней, естественно, влечет за собой сокращение объекта управления и потерю устойчивости самой системы. Эти внешние (внесистемные) факторы силами самой системы не могут быть устранены, что обуславливает ее изначальную зависимость от общей социально-экономической и правовой ситуации в стране. Рассматриваемая система может быть устойчива лишь при достижении баланса между ФН (предложение), его востребованностью СПД, суммарным ЭСЭ, обеспечивающим необходимые темпы и уровни восполнения ФН.

Система недропользования РФ (СН), ее основные элементы и их взаимосвязи определены Законом «О недрах» и другими законодательными и нормативными актами. В общем виде ее основной функцией является создание (воспроизводство) и распределение фонда объектов недропользования в целях получения стратегических, геополитических, экономических и социальных эффектов субъектами предпринимательской деятельности в общенациональных интересах (см. рис. 10).

Таким образом, СН включает следующие три основных функциональных блока:

воспроизводство МСБ, реализуемое через стадийность проведения геологоразведочных работ — прогнозно-металлогенических, геолого-съёмочных, поисково-оценочных и разведочных — как за счет средств федерального и регионального бюджетов, так и субъектов предпринимательской деятельности;

распределение образованного фонда объектов через лицензионную систему в целях

рационального использования недр, получения необходимых экономических и социальных эффектов для устойчивого развития хозяйственного механизма страны;

надзор и контроль за исполнением недропользователями условий лицензионных соглашений, законодательных и нормативных актов по производству геологоразведочных, горно-добычных работ и выполнению фискальных обязательств по созданию фонда средств на воспроизводство МСБ.

Нарушение и сбой функционирования любого элемента (или группы элементов) СН под влиянием различного рода угроз внутрисистемного и внесистемного воздействия могут повлечь за собой катастрофические последствия для государства, вплоть до полной или частичной потери сырьевых баз наиболее важных полезных ископаемых. Ниже показано соотношение угроз и последствий их воздействия на систему недропользования.

**Основные меры по обеспечению безопасности отечественной системы недропользования.** Разумно-целесообразными действиями и мероприятиями по обеспечению экономической безопасности системы недропользования на ближнюю перспективу (в рамках современных возможностей МПР России) можно считать следующие:

определение в качестве главного направления деятельности воспроизводство фонда недропользования применительно к высоколиквидным и дефицитным полезным ископаемым;

разделение в соответствии с главным направлением сфер федеральных и региональных интересов (и соответствующих средств), а также передача субъектам РФ части надзорно-контрольных функций в системе лицензионного недропользования (доведение до логического конца системы центр-регионы);

создание единой общетраслевой системы управления работами по воспроизводству фонда недропользования и предлицензионной подготовке площадей с распределением задач и функций между федеральным и региональным уровнями;



## Возможные угрозы экономической безопасности СНГ

## Возможные последствия угроз экономической безопасности СНГ

*Внутрисистемные факторы*

Трансформация исходной МСБ в распределенный фонд с положительными экономическими параметрами освоения и нераспределенный фонд с низкоэффективными показателями при ограниченных ГРП по воспроизводству сырьевой базы	Стагнация развития МСБ, потеря управляющим органом функций и возможностей по повышению эффективности недропользования за счет сокращения ликвидной части федеральной собственности
Непредсказуемость спроса на фонд недропользования	«Затоваривание» Госбаланса резервной сырьевой базой, «замораживание» вложенных в развитие МСБ инвестиций из федерального и региональных бюджетов
Недостаточность объемов геологоразведочных работ по воспроизводству МСБ из-за ограниченного финансирования на федеральном и региональном уровнях	Снижение темпов роста воспроизводства недропользования и МСБ, убывание интеллектуального потенциала, отток кадров
Неэффективная реализация распределенного фонда недр	Снижение добычи, сокращение отчислений на воспроизводство сырьевой базы, включая обновление аппаратно-технической базы и развитие перспективных наукоемких технологий
Несовершенство производственного цикла реализации невыявленного и воспроизводства исходного фонда объектов недропользования и недостаточная фактографическая нагрузка выходных информационных материалов, ослабление контрольно-надзорных функций	Разрывы в технологии геологоразведочного процесса между прогнозно-металлогеническими, геолого-съемочными и поисково-оценочными этапами, научным опережением геологоразведочного производства по наполнению фонда объектов недропользования
Вероятностный характер получения положительных результатов ГРП	Снижение эффективности вложения средств на развитие МСБ, невосполнение убыли МСБ за счет добычи, сокращения фонда недр
Низкая эффективность геологоразведочных работ, производимых горно-добывающими предприятиями за счет ставок отчисления, остающихся в их распоряжении	Снижение обеспеченности действующих предприятий разведанными запасами и темпов прироста запасов

жесткое целевое использование ограниченных средств на геологоразведочные работы в рамках федеральных и региональных целевых программ при радикальной реформе сложившейся «квазисистемы» распределения фонда воспроизводства МСБ в целях обеспечения национальных приоритетов в сфере эффективного использования недр;

централизация большей части средств, получаемых за счет ставок возмещения в федеральном фонде в силу низкой эффективности геологоразведочных работ, выполняемых субъектами предпринимательской деятельности;

реализация централизованных средств в виде прогнозных ресурсов (фонда лицензионных площадей) и запасов (месторождений) в рамках федеральных и региональных программ на базе современных науч-

но-технических разработок, технологий и технических средств;

совершенствование стадийности производства геологоразведочных работ в целях создания непрерывного технологического цикла от прогнозно-металлогенических (предлицензионной подготовки) до поисково-оценочных и разведочных работ с соответствующим научным опережением, обеспечением и сопровождением воспроизводства фонда недропользования;

определение в качестве темпов воспроизводства МСБ возможных в перспективе рубежей добычи ведущих полезных ископаемых, ориентированных на уровень 1991 г., близкий к проектным мощностям горно-добывающих предприятий, хотя и отвечающий минимальным вариантам, не меняющим современное положение России на мировом минерально-сырьевом рынке;



создание научного и технического задела, обеспечивающего дальнейшее совершенствование методов, технологий и технических средств, в том числе и принципиально новых, для повышения эффективности воспроизводства МСБ.

Реализация перечисленных мероприятий внутрисистемного характера придаст системе недропользования устойчивость и сбалансированность, а также достаточный запас прочности от неизбежных непредвиденных ситуаций.

УДК 553.078

© В.М.Терентьев, К.А.Марков, М.Г.Харламов, 2000

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ СРЕДНЕГО МАСШТАБА РУДНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО РУДНЫХ РАЙОНОВ**

**В.М.Терентьев, К.А.Марков, М.Г.Харламов (ВСЕГЕИ МПР России)**

*Рассмотрены научные основы, задачи и основополагающие принципы среднemasштабных прогнозно-металлогенических исследований, завершающихся составлением прогнозно-металлогенических карт м-ба 1:200 000 рудных и потенциально рудных районов. Определен типовой комплект основных и вспомогательных карт при среднemasштабном металлогеническом картографировании и приводятся рациональные технологические приемы их производства. Рассмотрены вопросы прогнозной оценки (переоценки) рудоносных площадей в ранжированном и количественном выражениях, а также эффективности среднemasштабных прогнозно-металлогенических исследований.*

Научные основы современной металлогении прошли успешную проверку временем при решении прогнозно-поисковых задач, направленных на развитие минерально-сырьевой базы страны. При этом исключительно важную роль играли и играют прогнозно-металлогенические исследования разных масштабов. Методология данных исследований, в основе которых лежат прогноз и обоснование реальных перспектив обнаружения рудных объектов, базируется на двух главных научных положениях:

месторождения полезных ископаемых являются закономерным результатом геологической эволюции и контролируются факторами, отображающими особенности состава и строения земной коры и литосферы в целом;

взаимодействие геологических факто-

ров предопределяет металлогеническую специализацию блоков земной коры, при этом в последовательно суживаемых ареалах — от региональных металлогенических провинций и зон к локальным рудоносным районам, узлам и участкам — сокращается количество формационных типов месторождений, обособляются профилирующие рудные формации и минеральные типы оруденения.

Путь прогнозирования от общего к частному методом последовательных приближений, конкретная реализация которого заложена в стадийности геологических работ, представляется наиболее эффективным. В основе прогнозирования существенное значение имеют прогнозно-поисковые комплексы, предусматривающие соответствие между стадиями работ и выявляемыми рудными объектами, между объектами и опре-



деляющими их прогнозно-поисковыми признаками, между признаками и устанавливающими их методами исследований [11].

Целенаправленные среднемасштабные прогнозно-металлогенические исследования с составлением прогнозно-металлогенических карт м-ба 1:200 000 (ПМК-200) важны для определения реальных перспектив рудоносных территорий, решения проблем развития (расширения) минерально-сырьевой базы России и совершенствования ее структуры в отдельных рудных районах. Эти исследования, основанные на углубленном металлогеническом анализе, позволяют наиболее объективно обосновать оптимальные направления крупномасштабных и детальных работ, в том числе геологических съемок м-ба 1:50 000 и детальных поисков.

Вопросы организации среднемасштабных прогнозно-металлогенических исследований наиболее отчетливо сформулированы в концепции металлогенического картирования, разработанной во ВСЕГЕИ под руководством академика А.Д.Щеглова [13]. Согласно концепции, одним из важнейших направлений металлогенических исследований принято среднемасштабное прогнозно-металлогеническое картирование — основной инструмент решения задач по переоценке и развитию известных горно-рудных районов, выявлению потенциальных возможностей открытия новых рудных районов и месторождений.

Основным объектом изучения при прогнозно-металлогенических работах м-ба 1:200 000 являются структурно-металлогенические зоны и их отдельные части — рудные районы, а объектом прогноза — рудные узлы и поля.

ПМК-200 позволяют решать задачи комплексной оценки перспективных регионов и целостных тектонических структур на профилирующие виды минерального сырья, а также на нетрадиционные высококорентабельные типы месторождений полезных ископаемых для обеспечения сырьевой базы действующих или планируемых горно-рудных предприятий.

Цель среднемасштабных прогнозно-металлогенических исследований — выявление закономерностей размещения и формирования месторождений полезных ископаемых в пространстве и во времени, выделение перспективных рудоносных площадей — рудных районов, узлов и в отдельных случаях рудных полей. Главным методом исследований служит комплексный анализ характерных особенностей геологического развития рудоносных и потенциально рудоносных территорий, базирующийся на установлении связей геологических и рудных формаций, включающий изучение тектонического режима их формирования, глубинного строения литосферных блоков и всей совокупности геохимических процессов, обуславливающих возникновение рудных концентраций.

Основополагающим принципом составления ПМК-200 является структурно-вещественный подход к изучению геологических объектов определенного уровня в историческом аспекте. С точки зрения методологии, в основу ставится комплексность оценок объектов и геологических событий, причем предусматриваются применение всех возможных современных методов исследований (различные собственно геологические дисциплины, геофизика, геохимия) и взаимоувязанная оценка территорий на комплекс полезных ископаемых.

Технология среднемасштабного металлогенического картографирования предусматривает составление типового комплекта взаимоувязанных карт, включающего [6]:

карту геологических формаций;

серию вспомогательных (специализированных) карт — глубинного строения, региональной геохимической специализации геологических формаций, региональных метасоматических формаций, кор выветривания, а при необходимости (и в зависимости от геологических обстановок) и ряд других карт — отложений (осадочных формаций) платформенного чехла, продуктивных горизонтов (поверхностей) покровного комплекса, строения докембрийского



фундамента, геоморфологическую, гидро-геологическую и др.;

итоговую карту закономерностей размещения (и прогноза) полезных ископаемых.

Ранее [6] были регламентированы основные требования к отдельным картам комплекта ПМК-200, касающиеся целевого назначения, исходных материалов, принципов составления, содержания легенды. Комплекты ПМК-200 должны составляться в рамках групп трапеций м-ба 1:200 000 с охватом целостных рудоносных структур и блоков.

В совокупности все карты комплекта ПМК-200 должны иметь необходимое и достаточное аэрокосмофотографическое, геофизическое, минералого-геохимическое и специальное прогнозно-металлогеническое наполнение, что достигается комплексным набором исходных картографических материалов, представительностью химико-аналитических и других фактических данных. Карты должны наполняться результатами комплексной интерпретации (переинтерпретации) исходных данных в виде интегральных характеристик (критериев) рудоносности геологических тел и тектонических структур. Структурно-формационная основа металлогенических и прогнозных построений реализуется на картах геологических формаций, а специальная прогнозно-металлогеническая нагрузка — на картах закономерностей размещения полезных ископаемых и вспомогательных картах.

*Карта геологических формаций*, синтезирующая результаты формационного анализа материалов региональных геологических исследований, геолого-съёмочных работ м-ба 1:200 000 (и 1:50 000), служит специализированной основой для большинства вспомогательных карт и итоговой карты закономерностей размещения полезных ископаемых (рис. 1). Она составляется на основе современных геологических карт дочетвертичных или погребенных образований м-ба 1:200 000 и отражает главные закономерности развития геологичес-

ких формаций в пространстве и во времени. На базе этой карты выделяются конкретные рудоносные структуры. Для отдельных территорий, верхний структурный этаж которых (чехол) сложен мощными осадочными толщами, формационную карту рационально заменить литолого-фациальной, более эффективно отражающей условия размещения седиментогенного оруденения.

Следует подчеркнуть, что задача ближайшего будущего — переход прогнозно-металлогенических карт на объемные (трехмерные) геолого-формационные основы [5]. Объемные геологические модели важнейших горно-рудных регионов должны обеспечить, прежде всего в верхних наиболее дифференцированных частях земной коры, выявление и эффективное использование взаимосвязей между формированием месторождений и характером неоднородностей глубинных зон.

Вспомогательные карты направлены главным образом на выявление и относительную оценку отдельных минерагенических факторов и критериев прогноза. Рабочий масштаб большинства этих карт, сопровождающих построение прогнозно-металлогенической основы, 1:200 000. В окончательном виде в целях экономии средств и времени, а также для удобства пользования они генерализируются до м-ба 1:500 000 и размещаются в зарамочном поле главных карт комплекта ПМК-200 — карты геологических формаций или карты закономерностей размещения полезных ископаемых. Это позволяет более полно и обоснованно раскрыть содержание и обеспечить максимальную информативность главных карт.

На карте глубинного строения на уровне формализованных физических объектов, характеризующихся плотностными, магнитными и другими параметрами, показывается объемное положение основных структурно-формационных комплексов и их границы, выделяются зоны повышенной проницаемости и др. Главными объектами изучения при среднемасштабных исследованиях являются первые 1—2 км разреза



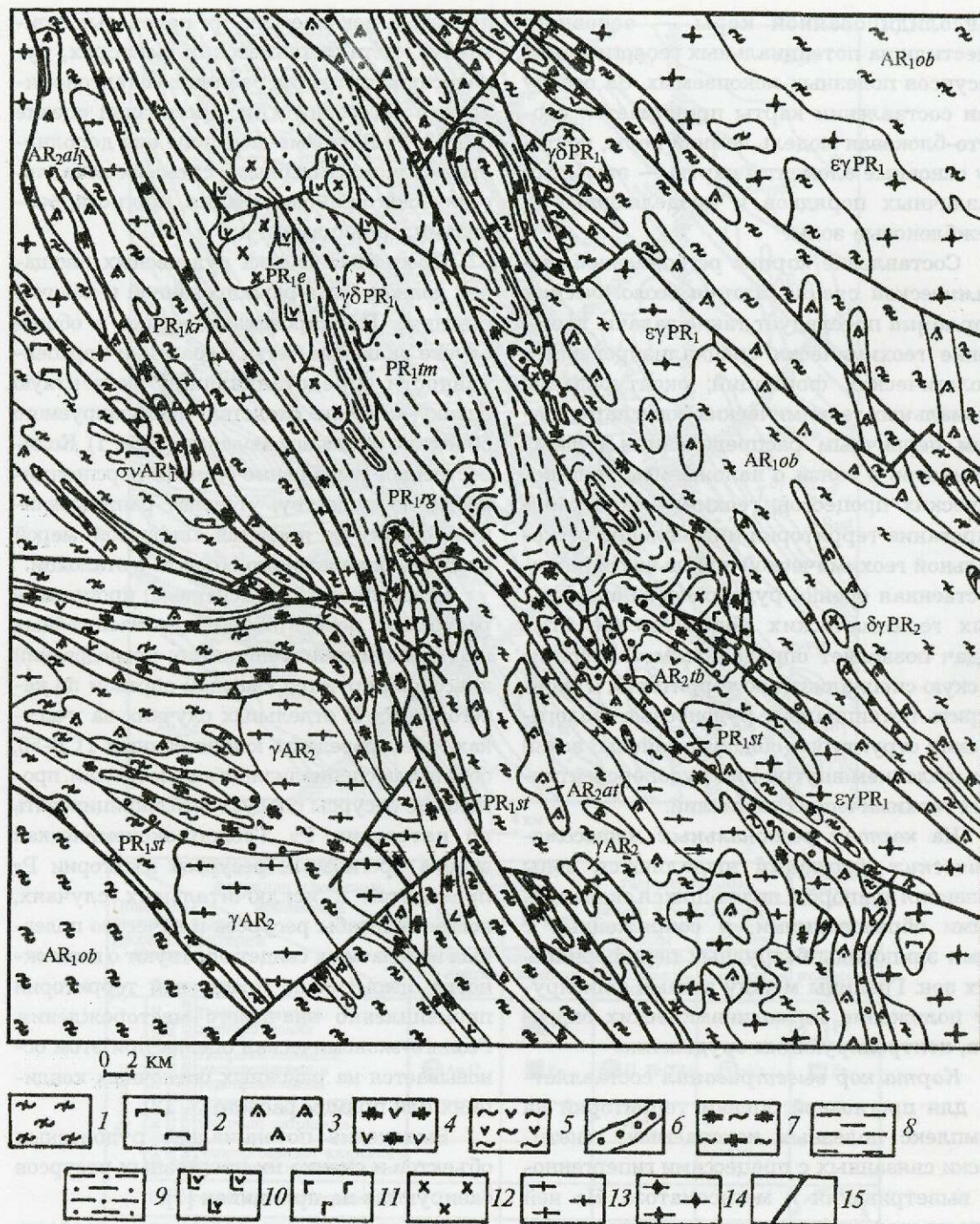


Рис. 1. Карта допалеозойских геологических формаций района Воронежского массива (макет):

формации: 1 — плагинейсовая, 2 — пироксенит-перидотитовая, 3–5 — спилит-кератофировая (в т.ч. субформации: 3 — амфиболитовая, 4 — метабазит-джеспилитовая, 5 — порфириодная), 6 — конгломерат-песчаниковая, 7 — терригенно-джеспилитовая, 8 — углеродисто-терригенно-карбонатная, 9–10 — углеродисто-вулканогенно-терригенная (в т.ч. субформации: 9 — углеродисто-терригенная, 10 — дацит-андезит-базальтовая), 11–12 — габбро-диорит-гранодиоритовая (в т.ч. субформации: 11 — габбро-диоритовая, 12 — диорит-гранодиоритовая), 13 — мигматит-плагиигранитовая, 14 — мигматит-щелочно-гранитовая, 15 — разрывные нарушения



консолидированной коры — основного вместилища потенциальных геологических ресурсов полезных ископаемых. За основу при составлении карты принимается слоисто-блоковая модель земной коры, поэтому основные элементы карты — это блоки различных порядков и разделяющие их межблоковые зоны.

Составление *карты региональной геохимической специализации геологических формаций* преследует такие задачи: выявление геохимически специализированных геологических формаций; оконтуривание аномальных геохимических зон с нарушенным первичным распределением рудных элементов в связи с наложением эпигенетических процессов; геохимическое районирование территории и выявление региональной геохимической зональности; количественная оценка рудоносности аномальных геохимических зон. Решение этих задач позволяет определить металлогеническую специализацию территорий и оконтурить потенциально рудоносные геологические структуры (области, районы, зоны) с выделением внутри них рудоперспективных геохимических аномалий.

На *картах региональных метасоматических формаций* выделяются зоны развития эпипород, являющихся околорудными образованиями, и сопряженные с ними эпипороды безрудных периферических зон. Границы между зонами фиксируют положение термодинамических барьеров, контролирующих оруденение.

*Карта кор выветривания* составляет для прогнозной оценки территорий на комплекс полезных ископаемых, генетически связанных с процессами гипергенного выветривания и метасоматоза. На ней отражается информация о распространении, мощности, составе, геохимических особенностях и рудоносности продуктов выветривания.

*Карта закономерностей размещения (и прогноза) полезных ископаемых* — итоговый документ в комплекте ПМК-200 — ассимилирует всю необходимую информацию других карт и разработок об объектах

полезных ископаемых, их поисковых признаках, металлогенических факторах, рудоносных площадях различных таксономических категорий и их прогнозной оценке (рис. 2, 3). В зарамочном поле она дополняется мелкомасштабными схемами металлогенического районирования, прогноза, разрезами, таблицами и др.

Прогнозная оценка рудоносных площадей должна быть ранжированной и количественной. Ранжированная оценка в общем случае включает четыре градации перспективности, представляющие экспертную оценку степени сходства прогнозируемого объекта с эталонной моделью (табл. 1). Количественное выражение степени перспективности, по существу, уточняет ранжированную оценку и является цифровой мерой сходства оцениваемого объекта с эталоном.

Оцененные (переоцененные) прогнозные ресурсы по результатам среднемасштабных прогнозно-металлогенических исследований классифицируются главным образом по категории Р<sub>3</sub>. В отдельных случаях на участках, где проведены кондиционные ГСР-50, общие или специализированные поиски, прогнозные ресурсы следует классифицировать по категории Р<sub>2</sub>. Геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов категории Р<sub>3</sub> проводится в исключительных случаях, когда масштабы ресурсов и качество полезных ископаемых свидетельствуют о возможности открытия на прогнозной территории промышленно значимого месторождения. Геолого-экономическая оценка при этом основывается на районных оценочных кондициях или прямом расчете [7, 12].

Выделение потенциально рудоносных объектов и оценка их прогнозных ресурсов базируются на принципах [7]:

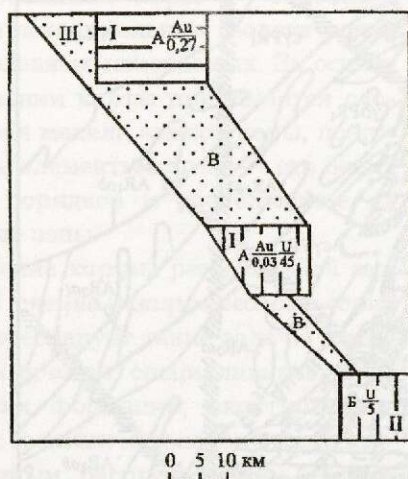
*вероятностного подобию* — геологическим обстановкам со сходными структурно-вещественными и историко-эволюционными характеристиками свойственно близкое по типу и масштабу оруденение;

*обратной зависимости частоты встречаемости рудоносных объектов от их размеров* — в пределах относительно крупных территорий большая часть запа-









Полезные ископаемые Прогнозные ресурсы, тыс. т	Перспективные площади			
	Знак на схеме	Степень перспективности площадей	Рекомендуемые работы	Очередность обработки
$\frac{Au}{0,27}$		Высоко-перспективные	Поисково-оценочные работы	I
$\frac{Au}{0,03}; \frac{U}{45}$			Специализированные поиски	
$\frac{U}{5}$		Перспективные		II
Fe, Au (PM, Mn, U, P)		С неясными перспективами	ГДП-50 с общими поисками	III

Рис. 3. Прогнозная схема (макет)

сов полезных ископаемых сосредоточена в первых нескольких объектах убывающего рангового ряда, наиболее часто встречаются объекты средних или промежуточных (между максимальными и минимальными) размеров;

*взаимосвязи характеристик рассеяния и концентрации элементов* — масштабы накопления промышленных концентраций элементов в месторождениях и в пределах рудоносных площадей различного иерархического уровня определяются кларками концентраций элементов в земной коре;

*системности* — эталонные и оцениваемые объекты должны быть соизмеримы и относиться к одному иерархическому уровню, равно как и сопоставляемые при прогнозировании вещественные, структурные, временные и другие критерии рудоносности.

Для оценки прогнозных ресурсов перспективных площадей (объектов) на основе

среднемасштабного прогнозно-металлогенического картографирования могут использоваться различные оценочные параметры (параметрические данные):

геометрические: длина, периметр, площадь, объем объектов прогноза — выходов рудоносных формаций или ассоциаций пород, а также благоприятных пликативных, инъективных или дизъюнктивных структур и др.; определяются по картам закономерностей размещения полезных ископаемых с использованием первичных геохимических и геофизических карт;

глубина прогноза (оценки) по геолого-геофизическим данным или аналогии с определенными рудными районами, узлами или полями;

прогнозируемые средние содержания основных компонентов, устанавливаемые по

результатам опробования или экстраполируемые с эталонных объектов;

характеристики геохимических ореолов и потоков рассеяния (геометрические параметры, интенсивность, продуктивность, статистика распределения содержания металлов в ореолах — средние, дисперсии и др.), параметры ореолов метасоматически измененных пород и геофизических аномалий (пространственные размеры, интенсивность и др.); информация снимается с геохимических и геофизических карт, карт региональных метасоматических формаций с использованием результатов геохимического опробования, геофизических измерений, минералого-петрографических исследований, статистических обработок, математических расчетов;

коэффициенты перехода от геохимических ресурсов и интенсивности геофизических аномалий к промышленным запа-



## 1. Категории площадей и участков по степени перспективности

Буквенный индекс	Степень перспективности	Критерии рудоносности	Прогнозно-поисковая изученность
А	Высоко-перспективные	Прямые признаки промышленного оруденения — наличие объектов полезных ископаемых и их прямых поисковых признаков; практически определенвшиеся границы рудоносных площадей (участков) с очевидным промышленным потенциалом	Не доизучены главным образом на глубину
Б	Перспективные	Косвенные поисковые признаки рудной минерализации, металлогенические факторы 1-го рода (металлотекты); отдельные прямые признаки оруденения (рудопроявления, пункты минерализации, рудные геохимические аномалии и др.); недостаточно определенвшиеся или неопределившиеся границы рудоносных площадей (участков)	Недостаточно изучены с поверхности и слабо изучены на глубину
В	С неясными перспективами	Металлогенические факторы 2-го рода, основанные на палеореконструкциях, геолого-тектоническом или геодинамическом моделировании и т.д.; редкие косвенные и прямые поисковые признаки рудной минерализации; границы потенциально рудоносных площадей плохо контурируются	Слабо изучены с поверхности и на глубину
Г	Бесперспективные	Практически отсутствуют поисковые признаки и металлогенические факторы рудной минерализации; по всем известным оценочным параметрам рудоносность не установлена и не предполагается	Достаточно изучены с поверхности и на глубину (для оценки)

сам, которые определяются с помощью математических расчетов;

удельная рудоносность (удельная продуктивность, коэффициент рудоносности) — устанавливается по сходству оцениваемых потенциально рудоносных объектов с эталонными (модельными) рудоносными и вычисляется как количество полезных ископаемых на единицу длины, площади или объема;

коэффициенты подобия, в определенной мере отражающие достоверность прогноза и степень сходства (аналогии) оцениваемых территорий с эталонными объектами по геологической обстановке, степени эрозионного среза, характеру и интенсивности распределения оруденения или гидротермально-метасоматических образований, соотношению главных полезных компонентов и т.д.; определяются на основе анализа и оценки степени сходства металлогенических факторов (по информативности, значимости, надежности) в количественных (метрических), порядковых (ран-

говых) или номинальных (кодовых) значениях (показателях).

В зависимости от перечисленных исходных оценочных параметров перспективных территорий, характера и полноты информации по эталонным объектам выбираются наиболее надежные методы оценки прогнозных ресурсов [2, 7]. При хорошей геолого-геофизической и минералого-геохимической изученности оцениваемых площадей наиболее целесообразны метод прямых расчетов по параметрам рудовмещающей среды или методы, использующие параметрические характеристики, которые получены в результате геохимических и геофизических съемок. В случае недостаточности сведений о параметрах потенциальной рудоносности объектов, а также для контроля других методов оценки прогнозных ресурсов оцениваются методом аналогии (в том числе экспертных оценок) с использованием экстраполяционных зависимостей с модельными объектами.

Прогнозная оценка территорий по ре-



зультатам прогнозно-металлогенических исследований масштаба 1:200 000 должна завершаться составлением сводной таблицы общих ресурсов — всех учтенных прогнозных ресурсов и запасов соответствующих категорий изученности или разведанности. При этом должны охватываться как потенциальные рудоносные районы и узлы, так и известные определившиеся рудные районы и узлы. Общие ресурсы должны быть дифференцированы по видам полезных ископаемых и типам рудных объектов — формационных или геолого-промышленных.

Контроль правильности оценок прогнозных ресурсов, определение погрешности и достоверности оценок, повышение их надежности — важные и пока трудно решаемые вопросы. Не полностью они разрешены и в методических рекомендациях [2]. Достоверность прогноза, в первую очередь, предопределяется степенью изученности территорий, надежностью оценочных параметров и точностью расчетных формул, в совокупности достаточных или недостаточных для однозначных оценок (табл. 2).

Составление ПМК-200 должно базиро-

ваться главным образом на углубленном ретроспективном анализе всех имеющихся картографических, химико-аналитических и других материалов, полученных при региональных (и детальных) геолого-съёмочных, геофизических, геохимических, поисковых и прогнозно-металлогенических работах. Полевые исследования и лабораторные работы (специализированные маршруты, геохимическое картирование, изучение региональных метасоматических и гипергенных образований, доизучение рудоносных площадей (участков) и рудных объектов) предусматриваются в необходимых объемах с обоснованием их постановки.

При составлении и оформлении комплекта ПМК-200 следует использовать положения и требования действующей Инструкции по Госгеолкарте-200 [1] и других пособий [3, 4, 8—10]. Особенно это касается типизации и номенклатуры геологических и рудных формаций, способов и приемов изображения на картах различных формационных, металлогенических и прогнозных категорий.

Единство принципов составления карт и унификация технических средств отображе-

## 2. Достоверность прогноза полезных ископаемых на перспективных площадях и участках

Цифровой индекс	Относительная достоверность	Критерии надежности оценки прогнозных ресурсов
I	Высокая (надежная)	Расчеты ресурсов основаны главным образом на надежно установленных — измеренных или экстраполированных — оценочных параметрах определившихся рудоносных площадей (участков); параметрические характеристики документально обоснованы на картах, планах, схемах, разрезах, матрицах и т.д.
II	Средняя (средней надежности)	Расчеты ресурсов основаны преимущественно на предполагаемых оценочных параметрах потенциально рудоносных площадей (объектов); параметрические данные получены при анализе удельной рудоносности (продуктивности) площадей (участков), интерпретации и оценке гидротермально-метасоматических, геохимических и геофизических аномальных полей и локальных максимумов (минимумов), региональном анализе геологических карт, схем, разрезов, использовании косвенных сведений по параметрам предполагаемой рудоносности
III	Низкая (малонадежная)	Расчеты ресурсов основаны на комплексных оценочных параметрах провинциального или регионального масштабов, региональных кларков металлов, различных эмпирических или статистических коэффициентах, структурно-геометрических закономерностях, корреляционных зависимостях и связях и др.; эти сведения могут быть получены из справочной литературы, при анкетировании, экспертизе, статистической и математической обработке материалов и т.д.

Примечание. На картах прогноза цифровой индекс может комбинироваться с буквенным индексом перспективных площадей, например А<sup>I</sup>, В<sup>II</sup>, В<sup>III</sup> и т.д.



ния на них различных элементов геологической, геофизической, геохимической и прогнозно-металлогенической информации обуславливают определенную стандартизацию комплектов ПМК-200 по вопросам:

петрографического (вещественного) состава и литологических (фациальных) особенностей горно-породных ассоциаций и геологических формаций;

морфокинетических и динамических характеристик разрывных нарушений;

масштабности и рудно-формационной (геолого-промышленной) принадлежности рудных объектов — коренных и россыпных месторождений и рудопроявлений;

прямых и косвенных поисковых признаков месторождений полезных ископаемых;

минерагенических факторов, контролирующих размещение рудных объектов и рудоносных площадей в пространстве и во времени;

границ рудных районов, узлов и полей, определившихся и прогнозируемых.

Изобразительные средства — цветовая раскраска, различные типы крапа, штриховок и геометрических значков, буквенная и цифровая символика, их комбинации — выбираются с таким расчетом, чтобы наиболее выразительные из них несли наибольшую прогнозно-металлогеническую информацию, отображали наиболее существенные закономерности размещения объектов полезных ископаемых и минерагенические факторы, их обуславливающие.

Металлогенический анализ на основе составления среднемасштабных прогнозно-металлогенических карт, несомненно, относится к категории наукоемких производств. Он должен проводиться по специальным программам в тесной координации научных и производственных организаций. Это особый вид исследований, требующий от специалистов глубоких и специальных знаний в различных областях геологии, особенно в металлогении. Прогнозно-металлогенические работы указанного типа не могут отождествляться с составлением полистных карт полезных ископаемых го-

сударственной геологической съемки, являющихся итогом общих поисков и представляющих фактографическую основу металлогенических построений.

Еще Ю.А.Билибин в 1947 г. отмечал, что металлогенические исследования не должны быть объектами всякого рода эпизодических работ с различными целевыми установками, а систематически, кондиционно вестись в соответствии с государственными задачами, в том числе геологическим картированием. Их несомненная эффективность будет способствовать оперативному прогнозу полезных ископаемых и выявлению новых месторождений.

При современном уровне использования компьютерных технологий [6] основные карты (геологических формаций, закономерностей размещения месторождений) целесообразно представлять в аналоговом варианте, а вспомогательные закодировать в цифровой форме.

Как показал опыт прогнозно-металлогенических исследований на территории России и других стран СНГ, наиболее эффективные результаты достигнуты при проведении целенаправленных комплексных работ с применением рекомендуемых технологий и методики составления прогнозно-металлогенических карт. Примером служат многочисленные разработки в области урановой геологии, прогнозирования алмазов, цветных и редких металлов.

На рубеже XX и XXI веков дальнейшее совершенствование методологии металлогенического анализа связано также с разработкой новых научных технологий и методик прогнозно-металлогенических исследований. Отнюдь, не потерял своего значения принцип историко-эволюционного анализа геологических процессов, предусматривающий комплексный подход к выявлению закономерностей формирования месторождений полезных ископаемых в пространстве и во времени путем определения многогранных связей рудообразования с другими геологическими процессами. В то же время требуют аналитического подхода и применения концепции:



тектоники плит (в области моделирования палеообстановок для континентов и океанов);

тектоники «плумов» (в области изучения формирования уникальных месторождений и крупномасштабных рудных районов);

блоковой делимости литосферы (для глобальных построений);

нелинейной металлогении (для анализа рудных районов и зон).

Значение среднемасштабных прогнозно-металлогенических исследований в общем комплексе прогнозно-металлогенических работ особенно велико. На основе учета современных концепций и главным образом фактического материала необходимо предусмотреть в определенных рудных и перспективных районах постановку специализированных прогнозно-металлогенических исследований указанного масштаба. Это возможно при выделении специальных заданий и комплексировании исследований научных и производственных организаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Инструкция* по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1:200 000. — М.: Роскомнедра, 1995.
2. *Контроль* оценок прогнозных ресурсов рудных объектов / Науч. ред. Ю.В.Богданов. — Л.: ВСЕГЕИ, 1990.
3. *Критерии* прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Под ред. Д.В.Рундквиста. — Л.: Недра, 1986.
4. *Металлогения СССР*. Комплект карт м-ба 1:1 000 000—1:2 500 000, 1982—1986 / Гл. ред. Д.В.Рундквист, В.М.Волков, В.И.Смирнов. — Л.: ВСЕГЕИ, 1984—1989.
5. *Методологические основы* и направления работ по объемному геологическому картированию в пределах важнейших горнорудных регионов России / А.А.Духовский, В.А.Амантов и др. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998.
6. *Методологические основы* составления прогнозно-металлогенических карт м-ба 1:200 000 рудных и потенциально рудных районов / Под ред. В.М.Терентьева. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999.
7. *Методическое руководство* по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / Гл. ред. В.М.Волков. Изд. 2-е. Ч. 1. Принципы и методы оценки / Отв. ред. А.И.Кривцов. — М.: Мингео СССР, 1989; ч. 2. Оценка прогнозных ресурсов твердых горючих полезных ископаемых, черных и легирующих металлов / Отв. ред. В.С.Быкадаров, В.Т.Покалов. — М.: ВИЭМС, 1988; ч. 3. Оценка прогнозных ресурсов цветных металлов / Отв. ред. И.Ф.Мигачев, В.Т.Покалов. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1989; ч. 4. Оценка прогнозных ресурсов неметаллических полезных ископаемых / Отв. ред. Н.Н.Ведерников. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1989; ч. 5. Оценка прогнозных ресурсов редких элементов / Отв. ред. В.В.Иванов. — М.: ВНИИзарубежгеология, 1989.
8. *Принципы* и методы оценки рудоносности геологических формаций / Под ред. Д.В.Рундквиста. Магматические формации / Ред. В.Л.Масайтис. — Л.: Недра, 1983; Региональные метаморфо-метасоматические формации / Ред. В.В.Жданов. — Л.: Недра, 1983. Осадочные формации / Ред. Н.Н.Предтеченский. — Л.: Недра, 1984.
9. *Прогнозно-металлогенические* исследования при региональных геолого-съемочных работах / Н.В.Кочкин, Е.В.Альперович, О.П.Апольский и др. — Л.: Недра, 1985. Вып. 13.
10. *Прогнозно-металлогенические* исследования при глубинном геологическом картировании / М.Л.Сахновский, П.А.Литвин, Б.М.Михайлов и др. — Л.: Недра, 1988. Вып. 21.
11. *Прогнозно-поисковые* комплексы / Отв. ред. А.И.Кривцов. — М.: ЦНИГРИ, 1983—1989. Вып. 1—3.
12. *Сборник* руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. — М.: ГКЗ СССР, 1985—1986. Т. 1—2.
13. *Щеглов А.Д., Терентьев В.М., Марков К.А.* Проблемы и концепция прогнозно-металлогенических исследований // Советская геология. 1991. № 2. С. 41—50.



УДК 553.078 (084.3М1000—200)

© А.Ф.Карпузов, Н.У.Карпузова, 2000

## ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЙ БЛОК В СТРУКТУРЕ ГОСГЕОЛКАРТЫ МАСШТАБОВ 1:1 000 000—1:200 000

**А.Ф.Карпузов (МНР России), Н.У.Карпузова (АООТ ВЗГ)**

*Рассмотрены роль и место металлогенического блока в структуре геологических работ м-бов 1:1 000 000 и 1:200 000, а также вопросы отображения прогнозно-металлогенической информации на картах полезных ископаемых и закономерностей их размещения, являющихся составной частью комплектов Госгеолкарты-1000 и 200 нового поколения. Особое место уделено компьютерной технологии с использованием ГИС ПАРК для прогнозно-металлогенической оценки территории развития формации медистых песчаников.*

Государственная геологическая карта Российской Федерации (Госгеолкарта) создается и передается пользователям как основной источник информации об особенностях геологического строения и полезных ископаемых недр. В соответствии с основными положениями концепции регионального геологического изучения недр Российской Федерации [9] Госгеолкарта ориентирована на удовлетворение потребностей экономического и социального развития отдельных регионов и территории России в целом, включая обоснование прогнозного потенциала и прогнозных ресурсов всех видов полезных ископаемых, решение федеральных и региональных проблем развития минерально-сырьевой базы, мониторинг геологической среды и т.д.

Сегодня статус государственных геологических карт имеют комплекты карт геологического содержания м-бов 1:1 000 000—1:200 000. Отличие госгеолкарт от других картографических произведений в том, что они составляются на жесткой нормативно-методической базе, по единым легендам и издаются в качестве официального государственного документа. Госгеолкарта России — это комплекты взаимоувязанных карт геологического содержания м-ба 1:200 000 и 1:1 000 000 с объяснительными записками, составленные и изданные в полистной разграфке в соответствии с требованиями инструкций [3, 4, 5]. В состав комплектов в

качестве обязательных компонентов включаются, кроме геологической, карты четвертичных образований, полезных ископаемых и закономерностей их размещения.

С учетом стоящих перед госгеолкартой задач и круга решаемых при этом проблем прогнозно-металлогенический блок всегда занимал ведущее место в структуре комплекта. На современном этапе в условиях практического свертывания геолого-съёмочных и поисковых работ м-ба 1:50 000 прогнозно-металлогенические исследования в рамках ГДП-200 — практически единственный источник новой информации о полезных ископаемых. В связи с этим возрастают роль этих работ и научно-практическая ценность карт металлогенического содержания в общей структуре государственного геологического картографирования в России.

Теоретические основы и общие принципы металлогенического анализа достаточно хорошо и полно разработаны применительно к регионам различного геологического строения и металлогенической специализации. Усилиями советской геолого-металлогенической школы [1, 8, 10, 13] в геологических исследованиях сложилось пять, ставших классическими, направлений металлогенических исследований: общая, региональная, прикладная, отраслевая металлогения, металлогения рудных районов. Общая металлогения посвящена общетеоретическим и общеметодическим вопросам,



региональная — закономерностям размещения и прогнозируемому потенциалу месторождений всех полезных ископаемых крупных геологических структур (масштабы геокартографирования 1:2 500 000—1:500 000), прикладная — металлогеническому моделированию и прогнозу, отраслевая — металлогении отдельных типов полезных ископаемых или рудных формаций (масштабы картографирования 1:20 000 000—1:500 000), металлогения рудных районов — выявлению закономерностей локализации месторождений полезных ископаемых и прогнозно-поисковой оценке территорий (масштабы картографирования 1:200 000—1:10 000), т.е. прогнозно-металлогеническая карта графически отображает как еще невыявленные перспективные рудоносные объекты различного таксонометрического ранга, так и известные месторождения.

Металлогенический анализ базируется на двух важнейших методологических принципах о том, что существует тесная взаимосвязь между развитием эндогенной минерализации, магматизма, тектогенеза и осадконакопления, согласно Ю.А.Билибину [1], и что месторождения полезных ископаемых всегда являются членами геологических формаций, согласно Д.В.Рундквисту [10]. Эти фундаментальные положения, имеющие первостепенное значение при прогнозно-металлогенических исследованиях и поисковых работах, получили дальнейшее развитие в трудах Р.М.Константинова, М.М.Константинова, А.И.Кривцова, Д.И.Горжевского, А.Д.Щеглова, А.А.Сидорова, И.Н.Томсона, Е.Т.Шаталова, Г.М.Власова и др. Однако, несмотря на усилия наших ведущих геологов-металлогенистов, проблема еще очень далека от своего разрешения, что связано не только с бесконечностью процесса познания, но и со сложностью проблемы, разноранговостью категорий объектов исследования, неоднозначностью соотношений триады месторождение — рудная формация — геологическая формация. При создании нормативно-методической базы госгеолкарт нового поколения

авторы постулировали тезис, что рудные формации — производные геологических. Анализ особенностей рудоносности основных типов геологических формаций (осадочных, магматических, метаморфических, вулканогенных) показал, что все они имеют различный уровень связей с месторождениями полезных ископаемых и играют различную роль в механизме рудогенеза. По классификации А.И.Кривцова [7], которая наиболее часто применяется при составлении прогнозно-металлогенических карт, выделяются рудовмещающая, рудоносная, рудогенерирующая и рудообразующая геологические формации. Следуя законам формальной логики, геолог формирует модель рудогенеза в виде набора геологических признаков по их роли (установленной или прогнозируемой, мнимой или явной) в процессе формирования месторождения.

Прежде чем перейти к рассмотрению места прогнозно-металлогенического блока в комплексах госгеолкарты на конкретных примерах, кратко остановимся на особенностях металлогенических карт. Опыт создания подобных карт м-ба 1:1 000 000—1:200 000 показал, что для того чтобы понять особенности рудогенеза на конкретной площади, необходимо отразить особенности геологического строения и типоморфизм проявлений полезных ископаемых, определить связи прогнозируемых типов оруденения с геологическими факторами. Поэтому составление любой прогнозно-металлогенической карты включает ряд последовательных операций, в том числе:

— составление структурно-формационной основы на базе комплексного анализа всей совокупности дистанционного, топографо-геодезического, геолого-геофизического и геохимического материала; составление кадастра ранжированных металлогенических объектов и месторождений полезных ископаемых, их систематизация с построением типовых моделей прогнозируемых объектов;

— составление карт металлогенического районирования, полезных ископаемых и



закономерностей их размещения на основе баз данных и баз знаний с использованием библиотек типовых моделей;

прогнозная оценка территории с выделением перспективных в поисковом отношении металлогенических объектов с подсчетом прогнозных ресурсов по категории Р<sub>3</sub> для госгеолкарты м-ба 1:200 000 и прогнозного потенциала для госгеолкарты м-ба 1:1 000 000.

Требования к содержанию, оформлению и выбору изобразительных средств изложены в методических рекомендациях и инструктивных документах по составлению металлогенических карт [3, 4, 11, 12]. На современном этапе такие карты строятся с применением компьютерных систем, организованных на принципах географоинформационных (ГИС) и экспертных (ЭС) систем, что позволяет геологу-эксперту в полном объеме использовать формально-логические, экспертно-логические и интеллектуальные возможности выбранной им компьютерной технологии и собственную базу знаний для подготовки и принятия прогнозного решения. Только компьютерные технологии дают возможность обрабатывать огромные массивы разнородной и разноуровневой информации, минимизировав субъективизм эксперта. По опыту работ при ГДП-200 объем баз данных на стандартный лист, используемых для составления карты полезных ископаемых и закономерностей их размещения, составляет около 800 Мгб. В качестве базовой компьютерной системы для составления комплектов Госгеолкарты-200 в производственных организациях применяется ГИС ПАРК версии 6, сочетающая свойства стандартной настольной ГИС и ЭС. Используемые в системе автономные модули «Справка», «Ввод данных», «Классификатор баз данных», «Анализ данных», «Прогноз геоситуации», «Прогноз полезных ископаемых», «Редактирование и визуализация итоговых карт» позволяют пользователю в одной программной оболочке выполнять весь набор операций по автоматизированному построению карт геологического и металлогенического содержания.

Средства ПАРК обеспечивают целостную технологию работы с геолого-геофизическими и металлогеническими данными — от ввода графической, цифровой и описательной информации через ее всесторонний анализ и прогноз до получения научно-управленческих решений. В дополнение к возможностям универсальных ГИС система имеет специальные средства пространственного анализа данных, выявления и оценки взаимосвязей, многомерного районирования территорий, прогнозирования и картографирования геологической ситуации. В более чем 150 проектах ГДП-200 в различных регионах России используется система ПАРК.

Проиллюстрируем возможности системы для построения карты полезных ископаемых и закономерностей их размещения (лист М-40-III) на примере рудной формации медистых песчаников, формирование которой связано с формациями красноцветных и пестроцветных песчано-сланцевых толщ. По геотектонической позиции, режимам накопления, литолого-фациальным и другим особенностям месторождения медистых песчаников делятся на ряд типов [2]. Район исследований находится на Южном Урале в пределах южной и центральной частей Предуральяского краевого прогиба на стыке со структурами Восточно-Европейской платформы. Применительно к геолого-структурным особенностям региона исследований были выбраны мансфельдский и каргалинский типы месторождений медистых песчаников.

Мансфельдский тип приурочен к крайним частям платформы и представлен меденосными глинисто-песчано-карбонатными отложениями лагунных и прибрежно-морских фаций, накапливающихся в режиме крупных трансгрессий. Возрастной диапазон рудогенеза мансфельдского типа — поздняя — ранняя пермь. Каргалинский тип приурочен к межгорным и наложенным впадинам, выполненным медистыми песчаниками русловых фаций. Возраст оруденения — позднепермский.

В Западном Предуралье медное оруде-



нение связано с верхнепермскими красноцветными отложениями, охватывающими три яруса: уфимский, казанский и татарский. Эти отложения (по А.М.Лурье — красноцветная формация) протягиваются полосой шириной от 350 до 1000 км вдоль западного склона Урала, причем вдоль зоны денудации терригенные отложения представлены более грубообломочными разностями.

Прогнозно-металлогеническая карта нового поколения — весьма сложное картографическое произведение, в котором автор доступными ему графическими средствами пытается отразить пространственные и генетические связи прогнозируемых типов оруденения с элементами геологического строения, обстановки формирования, латеральную и вертикальную рудную зональность, перспективы и сырьевой потенциал территории. На основном поле карты полезных ископаемых (лист М-40-III) показана совокупность геологических факторов и признаков, определяющих закономерности размещения оруденения типа медистых песчаников. Главное изобразительное средство — цвет — использован для отображения главного фактора — рудоносной терригенной формации медистых песчаников, при этом следует избегать использования ярко-ядовитых тонов, затрудняющих восприятие содержательной части карты.

Следующий важный элемент прогнозно-металлогенического блока — схема районирования. Чаще всего она составляется на структурно-формационной основе и на ней выделяются минерагенические таксоны разного ранга: провинция — субпровинция — область — месторождение (м-б 1:1 000 000 и мельче); субпровинция — область — зона — район — поле — месторождение (м-б 1:200 000 и крупнее). Четкое ранжирование металлогенических объектов при движении по масштабному ряду карт, их унаследованность (в географическом, понятийном, структурном, формационном планах) позволяют обеспечить иерархию информационных потоков и снизить «информационный шум». Районирование может

проводиться на различных основах (тектонической, палеогеодинамической и т.д.), но особенностью госгеолкарт является единство принципов. Развитие компьютерных технологий и практика ГДП-200 показали, что этого недостаточно: необходима разработка единой схемы металлогенического районирования России с обязательной увязкой с серийными легендами Госгеолкарты-200 и Госгеолкарты-1000. Частным случаем минерагенического районирования служат минерагенические схемы, призванные конкретизировать закономерности размещения профилирующих для района видов полезных ископаемых. Для горнорудных районов составляется, как правило, комплект таких схем, объединяющих близкие или генетически связанные рудные комплексы полезных ископаемых. Минерагенические схемы синтезируют на формализованном уровне всю информацию о геологическом строении и полезном ископаемом, являясь, по сути, графической моделью прогнозируемого типа.

Ключевой элемент любой карты, в том числе и металлогенической, — легенда, которая увязывает структурно-формационные и прогнозно-металлогенические аспекты будущей карты. На современном этапе используется зональный принцип построения такой карты. Для листа М-40-III нами были выделены структурно-фациальные зоны, в пределах которых показаны геологические и рудные формации. На другом примере зоны выделялись по геодинамическим обстановкам, в них совокупность геологических и рудных формаций образовывала непрерывный событийный ряд, привязанный к геохронологической шкале.

Важнейший компонент прогнозно-металлогенического блока Госгеолкарты-1000 и Госгеолкарты-200 — схемы прогнозирования, которые носят мономинеральный или комплексный характер. Использование компьютерных технологий позволило унифицировать процесс прогнозирования, обеспечить многовариантность прогноза как основной задачи и выбор устойчивого решения по совокупности признаков и тем



самым повысить прогностические свойства и объективность итоговых карт. На этих схемах отражаются ранжированные по степени перспективности и очередности отработки рудоносные площади в ранге рудоносных районов (Госгеолкарта-200) и зон (Госгеолкарта-1000). Количественной оценкой перспективности выделенных объектов служат прогнозные ресурсы категории  $R_3$  (Госгеолкарта-200) или прогнозный потенциал (Госгеолкарта-1000). Как показал опыт составления прогнозно-металлогенических карт, использование данных схем, а также дополнительных схем зарамочного оформления расширило функциональные возможности последних, обеспечив их полное прочтение и оценку достоверности приведенных прогнозных решений.

В результате переоценки прогнозных ресурсов в рамках ГДП-200 установлен ряд проблем и вопросов, требующих разрешения. В комплекте Госгеолкарты-200 и Госгеолкарты-1000 практически отсутствуют экономические показатели выявленных перспективных объектов применительно к географо-экономическим условиям района, современной конъюнктуре сырья и технологиям его извлечения. Попытки решить эту задачу для отдельных листов в производственных подразделениях закончились неудачно. Только привлечение специализированных научных организаций (ЦНИГРИ, ВИЭМС, ВИМС, ИМГРЭ, ЦНИИгеолнеруд) в рамках обобщающих работ позволит решить эту проблему.

В последнее время активно дебатруется вопрос о роли и месте поисковых работ в структуре ГДП-200. В конце 80-х годов проводился анализ эффективности использования, востребованности и вовлечения в последующие стадии геологоразведочных работ перспективных проявлений полезных ископаемых, обнаруженных при геолого-съёмочных работах и включенных в государственный реестр проявлений. Оказалось, что только 30% этих проявлений в той или иной степени вовлекались в следующие стадии работ. На современном этапе, когда большую актуальность приобретает

вопросы предлицензионной подготовки поисковых участков, требуется ревизия имеющихся материалов по этим объектам. В процессе ГДП-200 по отдельным листам эта работа проводится, но при отсутствии четких приоритетов на дефицитные виды сырья и единых установок на ее проведение она носит формальный и хаотичный характер.

Очень важным, с точки зрения государственных и коммерческих интересов, остается вопрос: какую информацию и в каком объеме необходимо давать на прогнозно-металлогенических картах того или иного масштаба. Стремление отдельных авторов вынести на карты м-ба 1:1 000 000—1:200 000 всю имеющуюся поисково-металлогеническую информацию приводит к перегруженности карт, возникновению информационного шума. В условиях компьютерных технологий, когда карта того или иного масштаба является элементом единой информационной системы, а информация имеет различную коммерческую ценность в зависимости от детальности и характера, этот вопрос приобретает все большую актуальность.

Многие исследователи на прогнозно-металлогенических картах, особенно м-ба 1:1 000 000, пытаются привести данные по экономике минерального сырья или о экономической ценности отдельных участков недр [6, 13]. В условиях быстро меняющейся конъюнктуры минерального сырья это очень перспективное направление, для которого необходимо разрабатывать научно-методическую базу, алгоритмы и механизмы реализации.

Дальнейшая разработка и унификация теоретических и методических основ металлогенической картографии, создание отраслевой библиотеки компьютерных типовых моделей рудных объектов, повышение информативности, достоверности и надежности компьютерных технологий прогноза значительно повысят результативность геолого-съёмочных работ и обеспечат прирост лицензируемого нераспределенного фонда недр России.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билибин Ю.А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. — М.: Госгеолтехиздат, 1955.
2. Богданов Ю.В., Вурьянова Е.З., Кутырев Э.И. Стратифицированные месторождения меди СССР. — Л.: Недра, 1973.
3. Временные требования к организации, проведению и конечным результатам геологосъемочных работ по Госгеолкарте-200. — М.: Геокарт-ВСЕГЕИ, 1999.
4. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. — М.: Роскомнедра, 1996.
5. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (3-е изд.). — М.: Роскомнедра, 1995.
6. Информационно-аналитическая система «Госгеолкарта России» — составная часть единой информационной системы недропользования /А.Ф.Карпузов, А.Ф.Морозов, Г.Л.Чочия и др. // Отечественная геология. 1999. № 2. С. 4—11.
7. Кривцов А.И. Принципы классификации геологических формаций по их роли в рудогенезе // Геология рудных месторождений. 1984. № 1. С. 67—71.
8. Кривцов А.И. Прикладная металлогения. — М.: Недра, 1989.
9. Основные положения концепции регионального геологического изучения недр Российской Федерации // Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. М., 1995.
10. Рундквист Д.В., Рундквист И.К. Металлогения на рубеже столетия // Вест. РАН. 1997. Т. 64. № 7. С. 588—605.
11. Термины и понятия используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях / Под ред. А.И.Кривцова. — СПб.: ВСЕГЕИ, 1991.
12. Шаталов Е.Т. Принципы составления металлогенических карт. — М.: Недра, 1965.
13. Щеглов А.Д. Основные проблемы современной металлогении. — Л.: Недра, 1987.

УДК 553.04

© Г.А.Машковцев, В.Т.Покалов, 2000

## ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ — ОСНОВА УКРЕПЛЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНЫХ, ЛЕГИРУЮЩИХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ)

Г.А.Машковцев, В.Т.Покалов (ВИМС МПР России)

*На основе анализа динамики производства основной продукции металлургической промышленности, масштабов воспроизводства отработанных полезных ископаемых и технико-экономических показателей освоения глубокозалегающих месторождений за последние десять лет даны рекомендации по стадиям и методам поисковых и прогнозных работ на черные, легирующие и радиоактивные металлы.*

В России разведана мощная минерально-сырьевая база, являющаяся основой функционирования и дальнейшего развития созданной в стране промышленности. Вместе с тем, работа металлургического комплекса в новых экономических условиях ознаменовалась резким спадом производства (табл. 1). Выявилась низкая конкурентоспособность отечественного минерального сырья по ряду металлов.

Конкурентоспособна по сравнению с зарубежными аналогами только сырьевая база меди, никеля (сульфидные руды), сурьмы и частично молибдена. Поэтому, несмотря на наличие огромных разведанных запасов по всем цветным, некоторым черным и редким металлам, загрузка и эффективность работы металлургических заводов в большей мере зависели от поставок сырья по импорту. Это обусловило широкое исполь-



1. Динамика производства основной продукции металлургической промышленности в 1990—1998 гг. и прогноз до 2005 г., по данным Минэкономики, %

Виды продукции	1990 (факт)	1991 (факт)	1992 (факт)	1993 (факт)	1994 (факт)	1995 (факт)	1996 (факт)	1997 (факт)	1998 (факт)	1999 (прогноз)	2000 (прогноз)	2005 (прогноз)
Руда железная	100	85,0	76,7	71,1	68,5	73,2	67,4	66,9	67,9	65,4 96,4	67,3 99,2	72,9—74,8 107,4—110,2
Алюминий первичный	100	93,8	93,5	92,8	91,5	95,7	97,3	99,7	103,0	103,3 100,2	105,3 102,2	106,3 103,2
Медь рафинированная	100	87,3	72,6	70,9	63,4	70,7	72,9	75,6	77,7	78,2 100,6	78,9 101,5	88,3 113,6
Никель	100	87,0	76,4	57,7	55,7	61,3	66,3	69,6	69,8	68,6 98,2	68,6 98,2	69,8 100,0
Свинец, включая вторичный	100	72,3	77,0	87,5	65,2	63,4	67,5	118,9	84,6	79,5 94,0	79,5 94,0	113,6 134,4
Цинк	100	90,5	108,5	110,5	74,6	90,1	94,8	102,9	106,7	108,3 101,5	108,3 101,5	121,9 114,2
Олово, включая вторичное	100	96,7	79,0	78,0	72,8	68,1	64,0	47,8	21,3	18,2 85,4	20,8 97,6	33,8 158,5
Магний и его сплавы	100	96,3	80,1	69,9	55,7	64,5	60,9	69,0	72,7	76,3 104,9	80,0 110,0	92,3 126,9
Титан губчатый	100	99,0	85,6	59,7	25,7	37,7	45,4	59,5	56,2	56,4 100,5	59,0 105,0	76,9 137,0
Вольфрамовый концентрат	100	89,1	70,7	58,2	28,3	36,5	9,0	11,1	18,9	20,5 108,7	20,9 109,4	26,6 139,5
Молибденовый концентрат	100	85,3	82,2	77,5	58,1	59,7	44,2	49,6	46,5	48,8 105,0	50,4 108,3	58,1 125,0
Уран	100	106,3	85,8	82,2	62,6	58,5	58,2	59,9	56,0	74,2 118,4	89,0 142,1	133,0 213,2

Примечание. Уран — данные ВИС-а; верхняя строка — цифры относительно 1990 г., нижняя — относительно 1998 г.



## 2. Воспроизводство отработанных полезных ископаемых, %

Полезное ископаемое	Годы						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Хром	0,0	0,0	8,2	6,3	28,2	57,2	19,0
Олово	134,9	162,7	128,2	88,6	73,8	18,4	18,5
Бокситы	27,4	154,8	26,0	127,0	98,0	87,0	94,0
Молибден	19,0	32,0	23,8	49,0	31,3	28,5	28,7
Вольфрам	51,0	111,0	90,7	68,0	42,0	283,0	0,7
Флюорит	200,0	241,4	474,6	792,5	448,7	0,0	183,0
Мусковит	—	—	78,0	64,0	50,0	30,0	57,0
Железо	24,6	1261,2	4,0	12,8	8,3	68,2	7,2
Уран	68,0	167,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Марганец	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	770,0	0,0
Тантал	819	0,0	0,0	652	0,0	0,0	1760
Ниобий	12284	0,0	0,0	0,0	1183	0,0	965

зование толлинговых операций, и в целом наметилось устойчивое снижение выпуска металлопродукции.

В 1998 г. по сравнению с 1990 г. повысилось лишь производство алюминия первичного — 103% (наивысший объем производства в России) и цинка — 106,7%, по другим металлам оно снизилось (см. табл. 1). При этом добыча всех типов руд и бокситов в 1998 г. уменьшилась на 51,5%, в том числе флюоритовых — в 60 раз, вольфрамсодержащих — в 23,8, оловянных — в 7,2, свинцово-цинковых — в 6,7, молибденовых — в 2 раза (см. табл. 1). Прекращена добыча танталовых и ниобиевых руд. Это обусловлено, с одной стороны, общим сокращением всего производства в стране, с другой — высокой стоимостью добываемого минерального сырья. Об этом же свидетельствует и соотношение запасов распределенного и нераспределенного фонда. В распределенном фонде находится от 40 до 65% балансовых запасов железа, молибдена, вольфрама, олова, хрома, бокситов, плавикового шпата, из них более 95% сосредоточено в месторождениях, освоенных и подготавливаемых к эксплуатации. Меньше запасов тантала (24,7%), ниобия (16,3%), титана (32%), марганца (10,5%), что обусловлено низким качеством и неконкурентоспособностью большей части их разведанных запасов.

Весьма тревожная ситуация создалась в воспроизводстве обрабатываемых разведанных запасов. В большей части подотраслей, несмотря на снижение добычи, нет даже простого воспроизводства, не говоря уже о расширенном (табл. 2). Исключение составляет лишь плавиковый шпат, по которому наблюдается практически постоянный прирост запасов. Отдельные высокие всплески прироста запасов марганца, тантала и ниобия обусловлены незначительной их добычей и эпизодическими приростами, не меняющими общей ситуации с сырьевыми базами этих металлов.

Добыча природного урана в России также сокращалась и в целом оставалась меньше даже внутренней потребности действующих собственных АЭС (т.е. без учета расходов на АЭС, построенных при содействии СССР в других странах, снабжение которых топливом, согласно соглашениям, производится Россией, а также других расходов) (рис. 1). Несмотря на это, весь добываемый уран вплоть до 1999 г. экспортировался, и внутренние потребности практически покрывались за счет складских запасов. Лишь в текущем году часть добытого урана закуплена перерабатывающими предприятиями Минатома России.

На единственном действующем в настоящее время добывающем предприятии



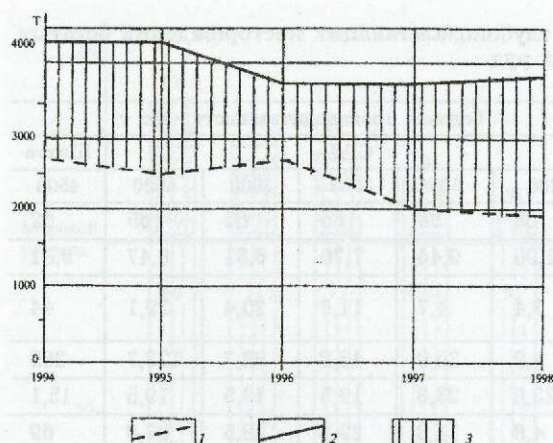


Рис. 1. Производство и потребление природного урана в РФ:

1 — производство; 2 — потребление; 3 — дефицит между производством и потреблением

на базе месторождений Стрельцовского района перспективы увеличения уровня добычи практически отсутствуют. Развитие добычи урана в стране можно связывать только с вводом новых предприятий подземного выщелачивания на базе месторождений Зауральского, Витимского и, возможно, некоторых новых районов. Однако особенности всех этих месторождений таковы, что добиться при их освоении высокой производительности очень трудно. Реально возможный прирост добычи едва ли превысит 30—50% от современного уровня в Стрельцовском районе, где он, вероятно, будет продолжать снижаться. С исчерпанием складских запасов России ее собственные производственные мощности не смогут покрыть потребности атомной энергетики страны. При этом прекращение российского экспорта неизбежно вызовет рост мировых цен и возможности компенсации внутреннего дефицита импортом будут существенно осложнены.

Таким образом, возможность удовлетворения в будущем даже внутренней потребности России (которая при развитии атомной энергетики будет возрастать) за счет известных на сегодня источников урана и при ценах на него не более 40

дол./кг представляется по меньшей мере проблематичной.

Для преодоления возникших проблем наиболее целесообразно развивать работы в двух направлениях: 1) изыскание возможностей повышения экономичности продуктов извлечения из уже разведанных руд; 2) улучшение качества сырьевой базы за счет открытия новых высокорентабельных месторождений в результате проведения геологоразведочных работ.

Реализация первого направления состоит в следующем:

рациональное использование недр путем вовлечения в разработку известных запасов в результате применения новых технологий переработки минерального сырья, обеспечивающих значительное увеличение стоимости товарной продукции или снижение стоимости ее производства; например, переработка низкосортных маложелезистых бокситов СОБРА с получением синтетических цеолитов, глинозема и редкометалльного продукта повышает рентабельность производства с 0 до 25%; предварительное крупнокусковое рентгенометрическое обогащение позволяет проводить обесфосфоривание марганцевых руд и получать карбонатные концентраты первого сорта;

совершенствование технологии горных работ и внедрение новых способов добычи: скважинная гидродобыча (СГД) богатых рыхлых железных руд КМА, залегающих на глубинах 700—800 м, обеспечивает рентабельную работу рудника при любой производительности, в 2 раза уменьшает капитальные затраты и в 5 раз повышает рентабельность (табл. 3);

глубокая геолого-экономическая переоценка месторождений с повариантным переоконтуриванием запасов, экономически целесообразным извлечением полезных продуктов с учетом новых горно-технических и технологических достижений; такая переоценка забалансовых Тулунского титанового и Вишняковского танталового месторождений, выполненная в ВИМСе, показала возможность их рентабельной отработки в наше время на Тулунском



### 3. Техничко-экономические показатели освоения глубокозалегающих месторождений богатых железных руд

Показатели	Годовая производительность, тыс. т					
	СГД					Шахта
	200	500	1500	3000	4500	4500
Содержание железа в товарной руде, %	68	68	65	65	65	62
Себестоимость добычи 1 т руды, дол.	11,90	9,44	7,70	6,81	6,47	9,81
Годовые эксплуатационные затраты, млн. дол.	2,4	4,7	11,6	20,4	29,1	44
Капитальные затраты, млн. дол.	8,9	20,0	48,8	88,7	123,7	289
Цена 1 т железорудной продукции, дол.	23,8	23,8	19,5	19,5	19,5	15,1
Товарная продукция в денежном выражении в год, млн. дол.	4,8	11,9	29,3	58,5	87,8	69
Годовая прибыль, млн. дол.	2,4	7,2	17,7	37,8	58,7	25
Рентабельность к капитальным затратам, %	25,6	35,8	36,4	42,6	47,4	8,8

### 4. Основные результаты геолого-экономической переоценки Вишняковского редкометалльного месторождения

Показатели	Варианты отработки	
	по ТЭО, 1980 г.	рекомендуемый
<i>Базовый вариант — без налогов</i>		
Содержание Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в руде, %	0,018	0,023
Извлечение Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	68,7	85,7
Годовая производительность по руде, тыс. т	1500	1250
Годовой выпуск товарной продукции, т:		
Ta в концентрате	142,7	202,0
Sn в концентрате	76,1	60,0
К-полевошпатовый концентрат	41850	125 000
кварц-полевошпатовый «	—	125 000
слюдяной «	—	45 000
бериллиевый «	—	2244,4
углекислый литий	—	862,5
щебенка	—	340 000
Годовая стоимость товарной продукции, млн. дол.	13,1	40,3
Годовые эксплуатационные затраты, млн. дол.	17,0	20,6
Балансовая прибыль, млн. дол.	-3,8	19,7
Капвложения, млн. дол.	99,1	109,7
Рентабельность к производственным фондам, %	Убыточно	16,9
<i>Вариант со всеми налогами</i>		
Налоги, млн. дол.	—	11,9
Чистая прибыль, млн. дол.	—	7,8
Рентабельность к производственным фондам, %	—	6,7
Срок окупаемости капвложений, лет	Не окупается	8,5



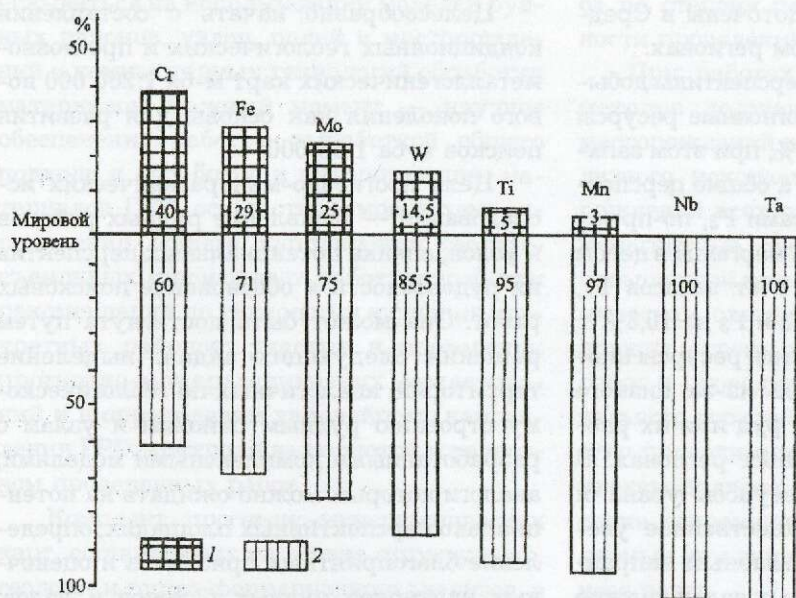


Рис. 2. Уровень качества руд черных и легирующих металлов в РФ:

1 — мирового уровня и выше;  
2 — ниже мирового уровня

месторождения за счет применения винтовых сепараторов, на Вишняковском — в результате переоконтуривания запасов и повышения содержания на 28% (при сокращении запасов на 30%), а также организации прибыльной безотходной технологии (табл. 4);

выработка комплекса мер государственной поддержки горно-рудной промышленности РФ — регулирование цен, оптимизация налоговой системы, создание финансово-промышленных объединений и др.

Второе направление — развитие геологоразведочных работ для улучшения качества минерально-сырьевой базы. Высокая стоимость минерального сырья России определяется прежде всего более низким качеством созданной в стране минерально-сырьевой базы по сравнению с рудами, добываемыми в мире (рис. 2), что может быть следствием весьма неравномерного распределения минеральных ресурсов в земной коре. Однако было бы грубейшей ошибкой утверждать, что все возможности качественного улучшения минерально-сырьевой базы в России исчерпаны. Решать эту проблему достаточно трудно, поскольку наиболее легкооткрываемые месторождения уже открыты и обнаружение новых объектов в сложных географических и экономических условиях связано с закрытыми и перекрытыми районами, где возможно

выявление слабо- и не проявленных на поверхности объектов разных рангов. Для некоторых полезных ископаемых такие регионы в принципе определены, и в них поисковые работы нацелены на выявление богатых месторождений, например, урана с «процентными» рудами типа несогласия в Южной Якутии, Карелии и др., а также месторождений, пригодных для освоения методом подземного выщелачивания, в Зауралье, Забайкалье и Западной Сибири. В целом потребуются усиление поисковых и оценочных работ, а также дальнейшая разработка методологических подходов и существенная модернизация нормативно-методической и технической базы ГРР.

Принятые и утвержденные в 1999 г. прогнозные ресурсы — основа развития минерально-сырьевой базы России и улучшения ее качества. На этот раз был осуществлен более жесткий подход к их обоснованию: сокращено их количество, и в условиях ограниченных средств более целенаправленно ориентированы ГРР.

Благоприятно складываются работы по добыче хрома и бокситов. Ресурсы хрома возросли на 62%. Наиболее перспективны Карело-Кольский и Полярноуральский регионы, в которых ресурсы  $P_1+P_2$  увеличились на 60%; к этим же регионам относятся 50% утвержденных ресурсов  $P_3$ . Прогнозные ресурсы бокситов увеличились на 45%,



главные их запасы сосредоточены в Средне-Тиманском и Уральском регионах.

Менее благоприятны перспективы добычи титана и марганца. Прогнозные ресурсы титана уменьшились на 16%, при этом запасы  $P_1$  возросли за счет  $P_2$ , а общие перспективы, определяемые запасами  $P_3$ , по-прежнему отсутствуют. Ресурсы марганца в целом уменьшились на 6,5% за счет запасов  $P_2$ , запасы  $P_1$  возросли на 6,5% и  $P_3$  на 10,3%.

Многokратно сократились ресурсы ниобия, тантала и вольфрама из-за низкого качества прогнозируемых руд или их размещения в труднодоступных регионах. В структуре прогнозных ресурсов урана и молибдена произошло существенное увеличение ресурсов  $P_3$ , т.е. главным направлением в решении поисковых задач должно быть качественное улучшение сырьевых баз этих полезных ископаемых.

Сложившееся положение — результат неблагоприятного состояния ГРП по выявлению и оценке новых месторождений. Из геологоразведочного процесса практически выпали важнейшие звенья — прогнозная оценка территорий, поиски и оценка объектов полезных ископаемых. Очевидно, не только расширенное, но и простое воспроизводство запасов нельзя постоянно осуществлять за счет известных и отработываемых месторождений. Необходимо открывать и разведывать новые месторождения. Поскольку время случайных открытий прошло, эта задача решается, как известно, последовательным приближением к намеченной цели. Сначала прогнозируют и определяют перспективные рудоносные зоны и районы. Далее в результате поисковых работ выявляют рудные узлы, поля и отдельные объекты и на завершающем этапе оценивают рудные объекты для выбора наиболее перспективных к освоению месторождений. Процесс этот нарушен, вследствие чего нельзя планировать и воспроизводство отработываемых запасов. Необходимо в полной мере восстановить прогнозно-металлогенические, поисковые и оценочные работы как стадии единого геологоразведочного процесса.

Целесообразно начать с составления кондиционных геологических и прогнозно-металлогенических карт м-ба 1:200 000 нового поколения как основы для развития поисков м-ба 1:50 000.

Цель прогнозно-минерагенических исследований — выявление рудных районов и узлов, оценка потенциальных перспектив их рудоносности и обоснование поисковых работ. Она может быть достигнута путем решения следующих задач: выделение территорий, аналогичных по геологическому строению рудным районам и узлам с разработанными комплексными моделями, аналоги которых можно ожидать на потенциально перспективных площадях; определение благоприятных признаков и оценочных критериев рудных районов и узлов; оценка масштабов и качества оруденения.

Прогнозно-минерагенические исследования проводятся в комплексе работ по геологическому доизучению территорий при составлении карт м-ба 1:200 000 новой серии или осуществляются самостоятельно по отдельным геологическим заданиям и проектам, если их целью является анализ промышленной рудоносности какой-либо крупной минерагенической провинции. В первом случае карты составляются в рамках листов международной разграфки, во втором — в границах, обусловленных конфигурацией региона, района и т.д.

Применение комплекса прогнозно-минерагенических исследований при участии и руководстве НИИ, а также резкое расширение поисковых методов, исходя из геологических и ландшафтно-геохимических ситуаций, позволят усилить практическую направленность ГСР-200. Эффективное проведение этих исследований возможно на основе равномерного изучения перспективной территории комплексными геологическими (включая бурение), геофизическими (гравимагнитные съемки) и геохимическими методами. Это должно обеспечить решение прогнозных задач на глубину, доступную для экономически эффективной добычи искомого полезного ископаемого. Прогнозирование должно ос-



новываться на использовании моделей рудных районов, узлов, полей и месторождений и компьютерных технологий обработки материалов. Важный момент — научное обеспечение работ с выработкой общего подхода к обработке и интерпретации материалов ГСР, осуществляемое путем: определения общего направления геологосъемочных и поисковых работ; разработки рекомендаций по технологии изучения конкретных районов; участия в проведении прогнозно-минерагенических исследований и в определении дальнейшего направления ГРР; контроля за полнотой и качеством проведенных работ.

Комплект прогнозно-минерагенических карт, составленных на основе структурного, геолого- и рудно-формационного анализов, в программе работ «Геолкарта-200» будет итоговым. Эти карты должны отвечать новым требованиям и принципиально отличаться от карт предыдущего поколения. На них должны быть отражены: минерагеническое районирование территории; современная регистрационная информация о всех рудных объектах и их типах; ареалы распространения рудоносных геологических формаций на поверхности и на глубине, подсчитанные прогнозные ресурсы; перспективные под поиски площади, ранжированные по очередности проведения ГРР.

Учитывая усиление поисковых и прогнозных работ при составлении нового поколения геологических карт м-ба 1:200 000, необходимо проводить и тематические исследования, позволяющие приступить к выявлению объектов в ранге рудных полей. Петролого- и литолого-фациальное изучение позволяет расчленять геологические формации по составу и более детально оценивать геологические позиции оруденения того или иного типа. Кроме фациального анализа, для оценки рудоносности отдельных территорий или объектов при необходимости могут быть использованы также морфоструктурный, палеогеоморфологический и др. Этот комплекс работ поможет обеспечить ранжировку рудоносных площадей и рудных объектов разного масшта-

ба по степени перспективности и очередности проведения на них ГРР.

При работах м-ба 1:50 000 комплекс методов должен учитывать специфику месторождений разных типов искомого полезного ископаемого. Однако для месторождений всех полезных ископаемых гравимагнитные съемки, причем чаще всего повышенной точности, обязательны. Геохимическая съемка по густоте наблюдений должна строго соответствовать масштабу работ и проводиться на уровне представительного горизонта. Иными словами, качество проводимых работ, их объемы и комплексы должны удовлетворять самые высокие современные требования, предъявляемые при лицензировании объектов разного ранга.

Прогнозирование осуществляется методом аналогии, путем сравнения оцениваемых объектов с уже созданными геологическими и геолого-генетическими моделями рудных районов, узлов, полей и месторождений с использованием компьютерных технологий сбора и обработки геологических данных и изданных методических рекомендаций по определению прогнозных ресурсов. Полученные таким образом материалы — залог успешного и экономичного проведения поисковых и оценочных работ.

В заключение подчеркнем, что минерально-сырьевая база России должна гарантировать стабильную работу промышленности на 40—60 лет вперед, обеспечивая государственную и экономическую безопасность страны. Поэтому процесс восполнения отрабатываемых запасов непрерывен, а с учетом возрастающих потребностей в сырье необходимо расширенное воспроизводство этих запасов, особенно по стратегическим и дефицитным видам. Воссоздание полнокровной геологической службы и всего процесса геологоразведочных работ при сбалансированном его наполнении работами по всем стадиям — необходимое условие обеспечения функционирования и дальнейшего развития промышленности и страны в целом.



УДК 553.411.078

© А.А.Кременецкий, 2000

## ПРОГНОЗ КРУПНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

**А.А.Кременецкий (ИМГРЭ МПР России)**

*Анализируются факторы, способствующие образованию крупных, гигантских и уникальных месторождений золота. Обосновывается новая модель формирования уникальных (80 тыс. т) ресурсов золота в метаморфизованных конгломератах типа Витватерсранд, главным элементом которой является SEDEX-процесс, обеспечивающий колчеданообразование в восстановительных условиях и локализацию максимального (70–80%) ресурса золота. Предложены критерии прогнозной оценки золотоносности древних конгломератов и проведена их апробация на примере Карелии.*

Известно, что при сравнительно небольшом числе уникальных и крупных месторождений (не более 5% от общего числа всех месторождений) на их долю приходится от 70 до 80% мировых запасов большинства рудных металлов. В то же время, несмотря на важное практическое значение крупных месторождений (например, золоторудные месторождения этого ранга играют ведущую роль в минерально-сырьевом потенциале ЮАР, Канады, Австралии, Узбекистана, России), вопросы их генезиса, а следовательно, и прогнозно-поисковые критерии остаются до сих пор слабо разработанными. Разные исследователи (М.Б.Бородаевская, И.Н.Томпсон, М.М.Константинов, В.П.Федорчук, Е.М.Некрасов, Н.К.Курбанов, Д.В.Рундквист и др.) причины формирования в земной коре промышленных суперконцентраций золота и других рудных металлов видят прежде всего в аномальности (уникальности) способствующих этому факторов: связь с глубинными неоднородностями коры и мантии, особо активное мантийно-коровое взаимодействие в зонах глубинных тепловых потоков (горячие точки), сверхдлительная (до 700 млн. лет) и многократная реювенация и полигенность оруденения, особая геологическая позиция рудолокализирующих структур (пересечения линеаментов), включая механизмы их трансформации (зоны смятия), принадлежность их к особой металлогенической эпохе и т.д.

Запасы некоторых очень крупных (600–

1000 т Au) и гигантских (более 1000 т Au) золоторудных месторождений мира локализованы в докембрийских зеленокаменных поясах (8%), протерозойско-палеозойских черносланцевых толщах (6%) и в древних метаморфизованных конгломератах Витватерсранда, Южная Африка (83%) (табл. 1). Максимальная доля запасов золота этих объектов (от мировых ресурсов) сосредоточена в архейских породах (66% с Витватерсрандом), 7,5% в PR–PZ и только 5% в MZ–KZ. При этом для поздних эпох пока не известны месторождения с запасами золота более 600–700 т.

Выполненные нами ранее обобщения по крупным и гигантским золоторудным месторождениям мира [5], а также непосредственные исследования на золоторудных полях Витватерсранд и Барбертон в Южной Африке, Мурунтау, Даугызтау—Амантайтау, Кокпатас и Кызылалма—Кочбулак—Кайрагач в Узбекистане [4, 5, 11] позволяют сформулировать следующие базовые тезисы.

Суперзапасы золота Витватерсранда (около 80 тыс. т) некорректно сравнивать с другими золоторудными гигантами мира, ибо это интегральные запасы золота восьми рудных полей, локализованные на площади обширного рудного района размером 350×100 км. Что же касается ранга отдельных месторождений в бассейне Витватерсранда, то их запасы стандартны и редко



## 1. Золоторудные гиганты мира

Структурно-вещественный комплекс	Месторождение, страна	Возраст оруденения	Запасы Au, т	Доля запасов, отн. %
Зеленокаменные пояса	Калгурли, Австралия	Ar	1300	8
	Поркьюпайн, Канада	PR <sub>1</sub>	1300	
	Олимпик-Дэм, Австралия	PR <sub>2</sub>	1200	
	Колар, Индия	PR <sub>1</sub>	900	
	Хемло, Канада	PR	750	
	Кёркленд Лейк, Канада	AR	760	
	Иеллоунайф, Канада	AR	550	
	Рэд Лейк, Канада	AR	550	
Черные сланцы	Мурунтау, Узбекистан	PZ	1500	6
	Хоумстейк, США	PR <sub>2</sub>	1200	
	Сухой Лог, Россия	PZ	>1000	
	Олимпиада, Россия	PZ	700	
	Ашанти, Гана	AR	700	
Метаморфизованные конгломераты	Месторождения группы Витватерсранд, ЮАР	PR	80 000	83
Субдукционные пояса	Крипл-Крик, США	MZ—KZ	755	3
	Пуэбло-Вьехо, Доминиканская республика, о-в Гаити	MZ—KZ	>600	
	Поргера, Папуа — Новая Гвинея	KZ	630	
	Ладолэм, Папуа — Новая Гвинея	KZ	595	

превышают 2 тыс. т (рис. 1). На этом же рисунке отчетливо проявлена близость трендов запасов для золоторудных гигантов, локализованных в зеленокаменных поясах и черносланцевых толщах.

Золоторудные месторождения формируются в течение всего геологического времени, однако руды обычно моложе вмещающих толщ, т.е. последние являются рудо-локализирующими, но никогда рудогенерирующими.

Все золоторудные месторождения, независимо от их возраста, геолого-тектонического положения, состава вмещающих толщ и других признаков, имеют стандартный набор минеральных типов (Au-шеелит-молибденитовый → Au-пирит-пирротин-арсенопиритовый → Au-полисульфидный → Au-теллуридный), последовательность формирования которых определяется изменением кислотности металлоносных растворов и их температуры. Характерно, что запасы Au на этих

месторождениях концентрируются или только в каком-либо одном минеральном типе или распределяются в двух-трех минеральных типах. Последнее зависит от PT-условий рудолокализации и определяет характер зональности как отдельных рудных тел, так и месторождений в целом.

Универсальность перечисленных выше признаков, а также стандартность изотопного состава серы рудослагающих сульфидов (значения которого близки к нулевым) свидетельствуют о мантийном источнике Au и постмагматическом гидротермальном механизме рудоотложения.

Суммируя вышесказанное, определим главные элементы модели формирования крупных и уникальных золоторудных месторождений как основу прогноза и поиска их на новых, в том числе перекрытых, территориях.

А. Аномальные ресурсы Au в различных типах эндогенных гигантских место-



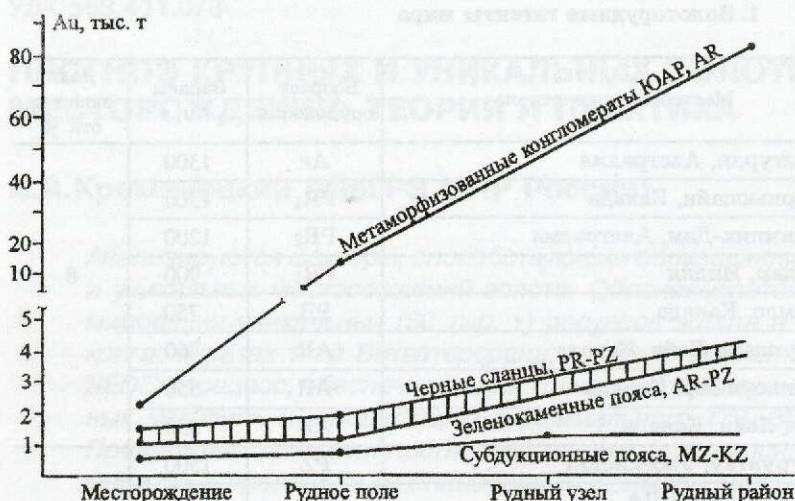


Рис. 1. Тренды изменения ресурсов золота в иерархии месторождение — рудный район для объектов, локализованных в различных структурно-вещественных комплексах

рождений определяются поступательно-необратимой эволюцией Земли в системе ядро—мантия—кора. Элементы так называемой мантийной группы (Au, Pt, Fe, Bi и др.), генерировались преимущественно на ранних (архей — ранний протерозой) стадиях развития коры континентального типа. Затем, по мере увеличения объемов истощенной мантии, ресурсный потенциал этих элементов снижался. Литофильные или так называемые «коровые» элементы (Au, W, Mo, Li, Ta, Nb, Be и др.), генерируемые главным образом путем мантийно-корового взаимодействия (синтексисное плавление, горячие точки и т. п.), накапливались в эпохи массового гранитообразования, связанные с планетарными трансформациями коры. При этом источником в значительной мере оставались ядро и мантия, а местом формирования металлоносных флюидов — коровые очаги магмообразования.

Б. *Транспортировка Au* и соответствующих металлов в средней и верхней коре осуществлялась глубинными постмагматическими гидротермальными растворами. Это, как правило, сосредоточенные потоки металлоносных растворов, отличительная особенность которых — восстановительный режим (наличие металлоорганических и металловодородных соединений). При формировании месторождений по ортогидротермальной схеме весь ресурс полезных компонентов — Au, Pt и их лигандов (Fe,

S) — создается исключительно глубинными потоками металлоносных гидротерм. В случае парагидротермальных систем (частичное смешение глубинных металлоносных растворов с подземными водами) ресурсы полезных компонентов по-прежнему связаны с глубинными металлоносными растворами, тогда как их лиганды (Fe, S, Ca) могут заимствоваться из вмещающих толщ; последнее нередко определяет стратиформный характер рудных тел. Иные источники и механизмы формирования месторождений Au и ассоциирующих с ним металлов (кластогенный, метаморфогенный, дислокационный, рециклинговый и т.п.) не эффективны для формирования суперконцентраций.

В. *Механизм рудоотложения* как рядовых, так и аномальных рудных объектов, как было ранее показано Д.С.Коржинским, определяется стандартной эволюцией физико-химической среды: изменением щелочности постмагматических гидротермальных растворов на фоне снижения температуры. В общем виде эта схема отражает последовательность формирования вышеперечисленных четырех минеральных типов золотого оруденения. При этом значительная часть ресурса полезного компонента рудных тел концентрируется в осевых зонах, а остальная рассеивается в экзоконтактовых зонах. Распределение ресурсов в рудных полях и рудных узлах



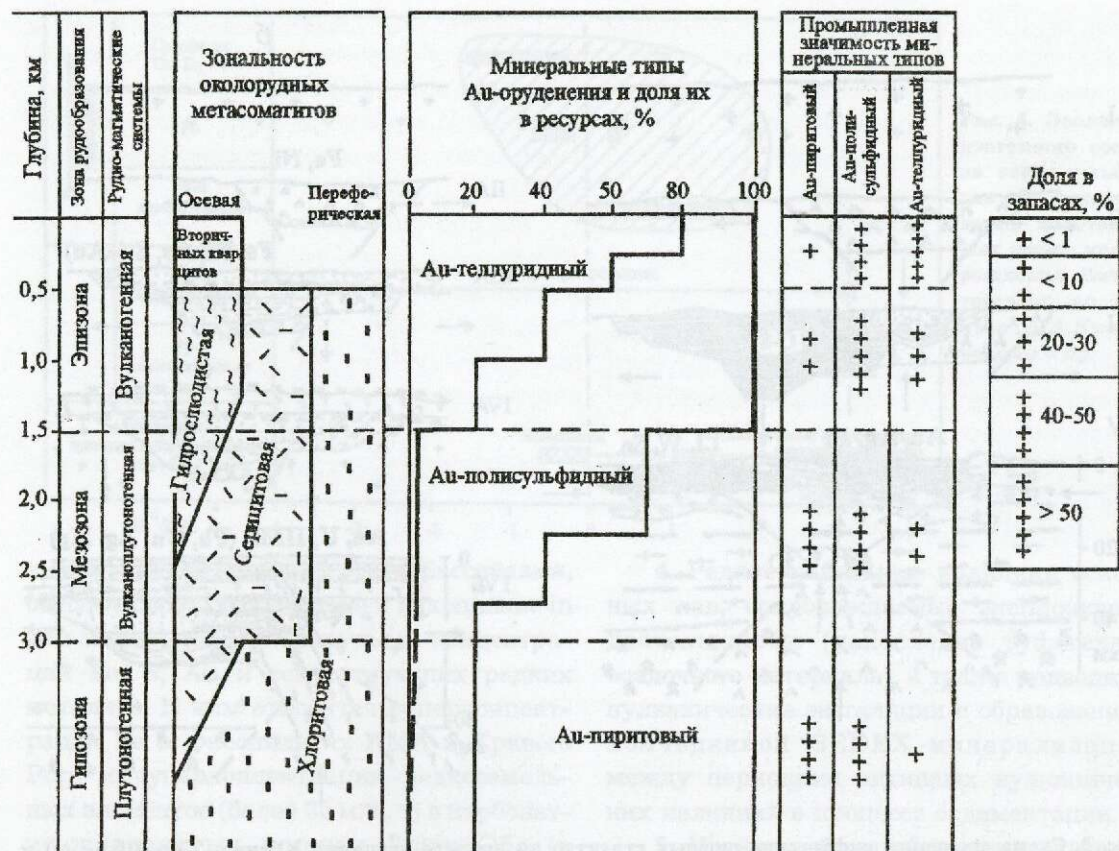


Рис. 2. Рудно-метасоматические критерии прогнозной оценки ресурсов золоторудных объектов и их промышленной значимости в зависимости от глубины формирования

лимитируется динамикой транспорта металлонесных растворов в гипо-, мезо- и эпизонах палеокоры. Здесь возможны три сценария (рис. 2). Первый — почти весь исходный ресурс Au из раствора отлагается в гипозоне (Au-шеелитовый и Au-полисульфидный минеральные типы) с формированием крупных и гигантских месторождений, генетически связанных с плутоногенными образованиями (например, герцинские гранитоиды Центральных Кызылжумов). Второй — относительно быстрое поступление глубинных гидротерм к палеопериферии приводит к локализации части исходного ресурса золота в богатых приповерхностных рудных телах (в том числе в гидроразрывных структурах типа «трубчатых» тел месторождения Кочбулак), представленных преимущественно Au-теллуридным типом. Остальная доля золота, нередко преобладающая, фиксируется в зонах рассеянной минерализации

на более глубоких горизонтах (Au-полисульфидный и Au-пиритовый типы). Этот тип золотого оруденения больше характерен для месторождений, связанных с вулканогенно-тектоническими структурами. Третий, промежуточный, сценарий типичен для месторождений, связанных с плутоногенно-вулканогенными структурами, т. е. рудоотложение происходит преимущественно в мезозоне. Схема (см. рис. 2) рекомендуется для оценки прогнозных ресурсов Au на разных уровнях среза рудных полей и зон.

Г. Локализация крупных и уникальных скоплений Au подчинена различным палеогеодинамическим режимам развития континентальной коры (рис. 3). Так, в рифтогенно-шовных структурах (см. рис. 3, а), рудогенерация которых связана преимущественно с коллизионным этапом, ресурсы образуемых месторождений, даже в



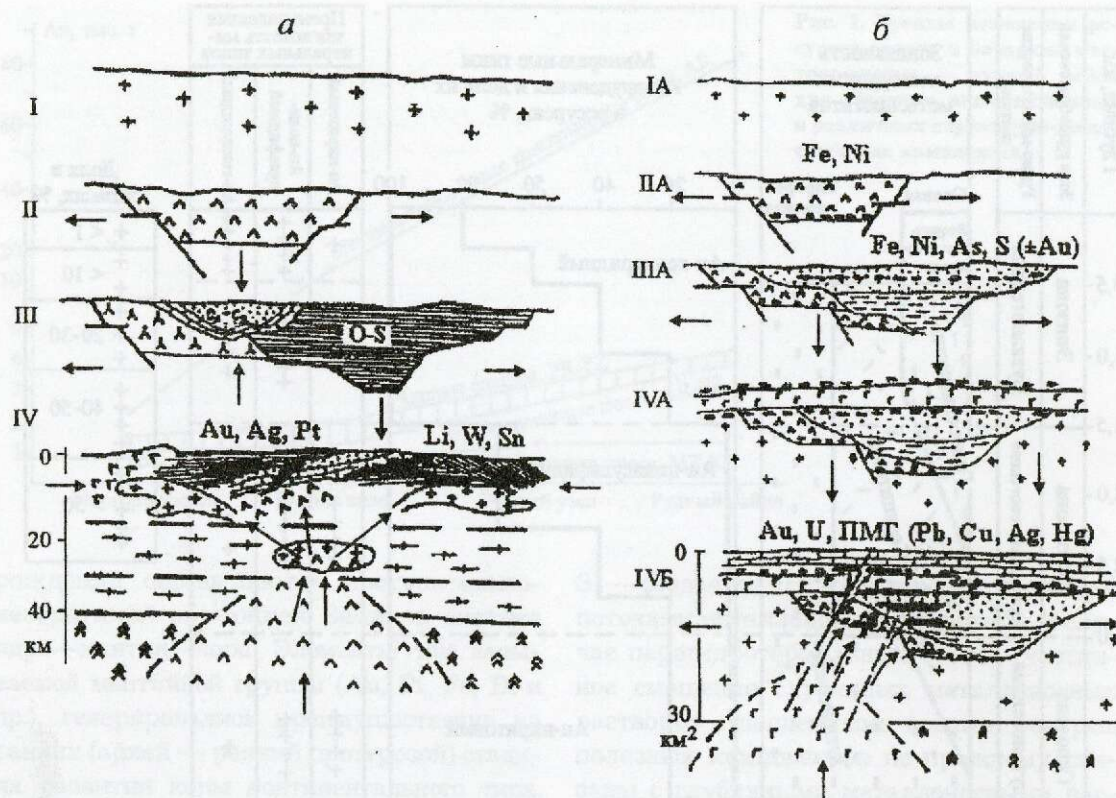


Рис. 3. Схема эволюции рифтогенно-шовных структур на примере герцинид Южного Тянь-Шаня (а) и рифтогенно-траптовых структур на примере Каапвальского кратона (б):

I — кратонизация (AR—PR); II — рифтинг (PR<sub>2</sub>); III — надрифтовый осадочный бассейн, черные сланцы (O<sub>1</sub>—S, C<sub>1</sub>—C<sub>2</sub>); IV — коллизия, гранитоидный магматизм (формирование золоторудной провинции Центральных Кызылкумов, C<sub>3</sub>—P<sub>1</sub>); IA — кратонизация, более 3,1 млрд. лет; IIA — рифтинг, 2,9—2,8 млрд. лет; IIIA — надрифтовый осадочный бассейн, 2,8—2,6 млрд. лет; IVA — траптовый магматизм, 2,6—2,1 млрд. лет; IVB — седиментогенно-экспалационная и постмагматическая деятельность (формирование золоторудного района Витватерсранд), 2,1—1,9 млрд. лет

случае одноэтапности рудоотложения, могут быть значительными (1—3 тыс. т Au), но всегда ограничены объемом проницаемых рудолокализирующих структур (например, протяженность рудных столбов на Мурунтау более 1 км), которые по мере кристаллизации в них рудоносных растворов перестают быть проницаемыми. Выполненный Е.М. Некрасовым [8] анализ принципиальных различий крупных и рядовых трещинных месторождений золота показал, что они не отличаются ни по генезису, ни по условиям образования, размещения или строения рудоносных участков; главное отличие крупных месторождений Au (с запасами более 300 т) состоит в масштабе рудовмещающих нарушений, нередко на

порядок превосходящем таковой на рядовых объектах.

В рифтогенно-траптовых структурах (см. рис. 3, б) рудоотложение протекает в долгоживущих относительно открытых геологических структурах с площадным (более 100×100 км) характером палеобассейнов и активной седиментогенно-экспалационной (SEDEX) деятельностью. Такого рода структуры благоприятны для поступления в бассейн глубинных металлоносных гидротерм с образованием Au-колчеданного и Au-железорудного SEDEX-оруденения. Во-вторых, длительный (более 200 млн. лет) и циклический приток глубинных металлоносных растворов и значительное количество таких зон в пределах громад-



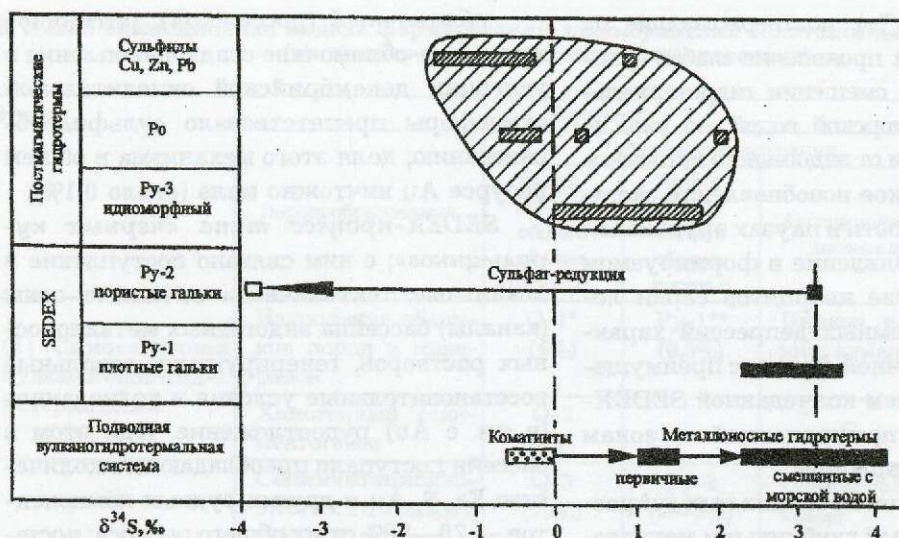


Рис. 4. Эволюция изотопного состава серы сульфидов при формировании золотосносных рифов месторождения Витватерсранд, по данным А.А.Кремневецкого и др.

ных площадей, занятых этими бассейнами, обеспечивают поступление и накопление *in situ* крупных и суперкрупных концентраций Fe, S, Au и сопутствующих редких металлов. К ним относятся суперконцентрации Fe в джеспилитах КМА и Кривого Рога и суперконцентрация редкоземельных элементов (более 35 млн. т) в карбонатно-железистых толщах Боюн Обо (в Китае), крупные (до 17 тыс. т) скопления Au в месторождениях железистых кварцитов Бразилии [7], скопления медноколчеданных руд с крупными ресурсами рассеянного Au и, наконец, золоторудный гигант Витватерсранд в Южной Африке.

Отличительные особенности рудного района Витватерсранд следующие.

1. Обширная площадь седиментации (350×100км) с относительно изометричной формой палеобассейна.

2. Относительно устойчивое и длительное прогибание палеобассейна с синхронным накоплением мощных (более 6 тыс. м) терригенных толщ монотонных кварцитов.

3. Интенсивная вулканическая деятельность с образованием платотолетовых базальтов при завершении процессов седиментации. В подошве бассейна это лавы серии Доминион; перекрывающая толща — лавы серии Вентерсдорп, которые занимают площадь, в 5—6 раз превосходящую площадь палеобассейна, и относятся к трапшовой формации.

4. Редкие локальные излияния основных лав, сопровождаемые взрывчатой деятельностью (накопление туфогенно-осадочного материала), а также подводные вулканические эксталазии с образованием колчеданной SEDEX-минерализации между периодами активных вулканических излияний в процессе седиментации.

5. Крайне небольшой размах значений  $\delta^{34}\text{S}$  (в пиритах от  $-3,9$  до  $+1,1\text{‰}$ ) и еще меньший (от  $-1,5$  до  $+0,9\text{‰}$ ) в сопутствующих сульфидов полиметаллов из золотосносных конгломератов, вмещающих кварцитов и сульфидов из перекрывающих коматиитов (от  $-1,3$  до  $+0,0\text{‰}$ ) свидетельствует о мантийном источнике серы в бассейне Витватерсранд. Сопоставляя полученные данные с таковыми для современных подводных «курильщико», можно наметить следующую схему эволюции изотопного состава серы при формировании колчеданного оруденения в рифах Витватерсранда (рис. 4). На первом этапе первичные глубинные металлоносные гидротермы имели изотопный состав близкий коматиитам (т.е.  $0 \pm 1\text{‰}$ ), но затем могло происходить утяжеление изотопного состава серы (до  $+4,1$ – $+5,8\text{‰}$ ) за счет вовлечения в первичный рудоносный флюид «тяжелой» серы морской воды. Именно этот состав ( $+3\text{‰}$ ) имеют пириты (Py-1 и Py-2) из рудоносных частей рифов Витватерсранда (см. рис. 4). При этом для пористого (оолитового) Py-2 характерны также и отрицательные



значения  $\delta^{34}\text{S}$  ( $-4\text{‰}$ ), подтверждающие их SEDEX-генезис, т.е. проявление слабой сульфат-редукции при смешении гидротермальных растворов с морской водой, но уже на некотором удалении от эндогенного источника.

6. Периодическое возобновление эксгальационной активности в паузах эруптивной деятельности и появление в формируемом монотонном разрезе кварцитов серии локальных приразломных депрессий характерной асимметричной формы с преимущественным развитием колчеданной SEDEX-минерализации, приуроченной к зонам крутопадающих разломов.

7. SEDEX-процесс в локальных депрессиях, обусловленный глубинными металлоносными флюидами, с проявлением временных восстановительных условий на фоне общей окислительной среды осадконакопления палеобассейна. Восстановительные условия способствовали не только формированию Au-колчеданной минерализации, но и сохранению ее продуктов в виде обломочного материала (золотоносная пиритовая галька) как продукта разрушения подводных колчеданных построек. Восстановительный режим SEDEX-процесса обеспечивает отложение в бассейне основной массы золота и частично урана (связанного с неорганическими углеводородами), поступающих с эндогенными флюидами.

8. Постседиментогенная флюидно-магматическая активизация в результате мощного вулканического импульса (траппы толеит-коматиитовых базальтов) и повышение регионального термического градиента на завершающих стадиях формирования бассейна. Генерируемые при этом гидротермальные растворы привели к ремобилизации Au-колчеданной SEDEX-минерализации, а также дополнительному привносу Au, Ag, U, Th, TR и полиметаллов с образованием промышленных Au-U рудных тел в рифовых горизонтах.

Предлагаемая нами модель формирования уникальных ресурсов Au в метаморфизованных конгломератах типа Витватерсранд представляет собой интеграцию трех основных механизмов (табл. 2):

обломочный (россыпной); ритмичное хемогенно-обломочное осадконакопление в условиях докембрийской окислительной атмосферы препятствовало сульфидообразованию; доля этого механизма в общем ресурсе Au ничтожно мала (около 0,1%);

SEDEX-процесс типа «черных курильщиков»; с ним связано поступление в локальные тектонически активные зоны (каналы) бассейна эндогенных металлоносных растворов, генерирующих локальные восстановительные условия и колчеданное (в т.ч. с Au) рудоотложение. При этом в бассейн поступало преобладающее количество Fe, S, Au и других рудных компонентов — 70—80% от их общего ресурса; *постмагматический гидротермальный* завершает толеит-коматиитовый трапповый магматизм, он обеспечивает как ремобилизацию золота, так и его дополнительный привнос (не более 20—30% от общего ресурса).

Таким образом, при оценке потенциальных ресурсов Au в древних метаморфизованных конгломератах ведущими критериями их рудоносности, по нашему мнению, являются:

рифтогенно-трапповый режим формирования палеобассейна;

толеит-коматиитовый магматизм с активной седиментогенно-эксгальационной деятельностью; SEDEX-процесс, генерирующий локальные восстановительные условия и колчеданообразование;

постседиментогенное гидротермальное преобразование золотоносных рифов в промышленные Au и Au—U рудные тела.

Указанные критерии, а также перечисленные выше отличительные признаки рифтогенно-трапповых бассейнов, по нашему мнению, способны обеспечить формирование крупных и уникальных ресурсов золоторудных месторождений, связанных с SEDEX-колчеданными и SEDEX-железорудными формациями. Это, в свою очередь, позволяет по-новому подойти к оценке потенциальной золотоносности древних метаморфизованных конгломератов как в уже известных про-



## 2. Новая эволюционная модель формирования докембрийских золотоносных конгломератов (на примере месторождения Витватерсранд)

Этапы	Процессы				Вклад этапа в общий ресурс Au-руднения
	породообразования	минералообразования			
		Кварц (80% от общего объема породы)	Пирит (5% от общего объема породы)	Ассоциирующие минералы	
(1) Синосадочная вулканогенно-гидротермальная	Накопление обломков пород и минералов	Q-1* (4%)	Pу-1** (0,5%)	Циркон, ильменит, алмаз	100 т (0,1%)
	Хемогенный седиментогенез	Q-2 (6%)	—	Сорг	—
(2) Постосадочная вулканогенно-гидротермальная	Седиментационно-эксгальционный (SEDEX)	Q-3 (70%)	Pу-2 (2—3%)	U-минералы (?) Снеорг	60 000 т (70—80%)
	Излияния платокоматиитов и метаморфизм (T=300±50°C, P=200 МПа)	—	Pу-3 (0,05%)	Халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин I, (мусковит, карбонаты, хлорит)	—
	Поствулканическая гидротермальная деятельность	—	Pу-4 (0,1%)	Галенит, сфалерит, пирротин II, МП	10 000 т (20—30%)

\* Генерации кварца.

\*\* Генерации пирита.

винциях России, так и на новых территориях, выявляемых, например, при ГДП-200.

В бывшем СССР поисковые работы на Au в этих образованиях активно проводились в 60—70-е годы. В качестве рабочей гипотезы был принят кластогенный механизм накопления золота и геолого-структурные условия, сходные с Витватерсрандом [1, 2, 6, 7, 10]. Первоочередные площади для опознания главным образом протерозойских конгломератов были намечены в Якутии вдоль южной окраины Сибирской платформы, на востоке Алданского щита, Енисейском кряже и Анабаре, в Восточном Саяне и Северо-Байкальском нагорье, Патомском нагорье и Восточном Забайкалье, на Южном Урале и Украинском щите, Кольском полуострове и в Центральной Карелии. Однако проведенные на данных территориях широкомасштабные поисковые работы не выявили ни одного крупного промышленного объекта этого типа. Что же касается открытых после Витватерсранда

месторождений золотоносных конгломератов за пределами нашей страны (Тарква и Абоссе в Гане, Жакобина в Бразилии, Вестморленд в Австралии, Эно—Коли в Финляндии), то это относительно мелкие месторождения. Даже суммарные запасы Au в них не превышают 500 т.

Апробация признаков и критериев оценки потенциальной золотоносности древних конгломератов выполнена нами на примере Карелии (рис. 5). Здесь широко развиты нижнепротерозойские кварцевые конгломераты, формирование которых происходило в ятулийском палеобассейне на значительной (250×100 км) площади Центральной и Северной Карелии. В период с 1964 по 1983 гг. поисковыми работами на золото была охвачена серия синклиналичных структур (Лехтинская, Янгозерская, Сегозерская, Кумсинская, Онежская и др.), представляющих разрозненные реликты этого палеобассейна. В результате большинство объектов оказались не золото-



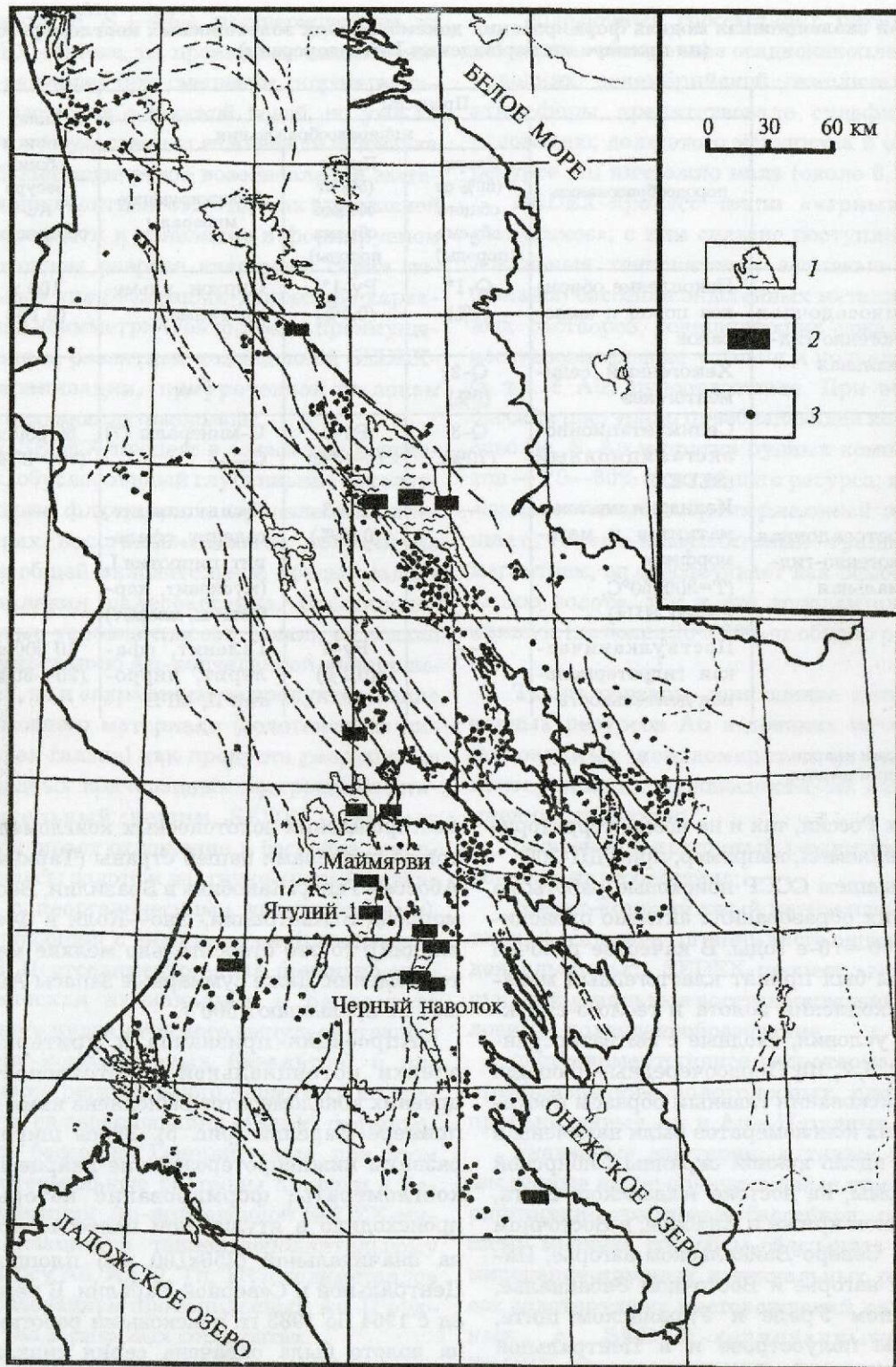


Рис. 5. Положение золотоносных конгломератов (PR) на схеме золоторудных зон Карелии, по данным А.М.Тарасенкова и др., 1979;

1 — зоны золотоносных конгломератов; 2 — рудопроявления золотоносных конгломератов; 3 — точки отбора проб



носными; непромышленные рудопроявления и точки минерализации установлены более чем в 60-ти случаях со средним содержанием Au 0,1 г/т. И только на трех-четырёх объектах (Ятулий-1, Маймярви, Черный наволок, см. рис. 5) содержание Au в конгломератах составляет 1—6 г/т, достигая в единичных пробах 100—110 г/т. Однако специальные исследования этих объектов, проведенные в 1998 г. ГП «Невскгеология», показали, что аномальные содержания Au приурочены к зонам поздних гидротермальных изменений как в конгломератах, так и во вмещающих их породах, характеризующихся повышенной радиоактивностью.

Осуществленный нами [4] сравнительный анализ описываемого ятулийского палеобассейна и раннепротерозойского палеобассейна Витватерсранд подтверждает их близость в геолого-структурном плане (рифтогенно-трапповые структуры), масштабе и типе вулканизма (платотоллит-коматитовая базальтовая формация), составе терригенных комплексов (преимущественно кварциты) и, наконец, преобладающей мономиктности конгломератов. В вулканогенных толщах ятулийского палеобассейна также отмечается разнообразная эксгальционная минерализация. Это кремнистые миндалины, кварц-гематитовые жильные тела, кремнистый цемент в шаровых лавах, гидротермальная минерализация в жерловых фациях палеовулканов, а также кремнистые прослои с пиритом в межлаговых осадочных горизонтах (лидиты и шунгиты). В пределах палеобассейна с этими образованиями генетически связаны стратиформные залежи гематитовых кварцитов (р. Суна) и медноколчеданных руд (месторождение Воронов Бор) с рассеянной золотой минерализацией.

Однако палеовулканологические реконструкции, выполненные на площади ятулийского бассейна А.П.Световым [9], показывают, что осадконакопление периодически прерывалось интенсивными излияниями лав на протяжении всего периода существования этого бассейна в прибрежных и наземных условиях. Это, в свою

очередь, обусловило относительно слабую активность подводной эксгальционной деятельности за исключением месторождений железистых кварцитов и небольших медноколчеданных месторождений и рудопроявлений. Вместе с тем детальные исследования SEDEX-продуктов в ятулийских вулканогенно-осадочных толщах свидетельствуют о широком развитии гематит-содержащих ассоциаций как в лавах, так и в переслаивающихся с ними конгломератах. Последнее, а также характерное для этого района наличие продуктивных толщ железистых кварцитов указывают на субаэральные условия осадконакопления и окислительный режим SEDEX-процесса, препятствующие Au-колчеданному рудообразованию, подобному Au-пиритовым рифам Витватерсранда. В результате в ятулийских конгломератах Карелии преимущественно развилась только силикатно-гематитовая минерализация с убогими ресурсами рассеянного золота. Таким образом, отсутствие благоприятных восстановительных условий для развития Au-колчеданной SEDEX-минерализации не позволяет ожидать в этом районе крупных месторождений древних золотоносных конгломератов.

*Автор приносит глубокую благодарность Н.А.Юшко (ИМГРЭ), Л.Иордану (Геологическая служба ЮАР) и А.П.Светову (Геологический институт, г. Петрозаводск) за помощь при проведении полевых работ в Южной Африке и Центральной Карелии, а также конструктивное обсуждение дискуссионных вопросов.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Володин В.Ф. Докембрийские золотоносные конгломераты СССР // Советская геология. 1965. № 12. С. 17—26.
2. Россытные месторождения // Ивенсон Ю.П., Левин В.И., Нужнов С.В. Строение земной коры Якутии и закономерности размещения полезных ископаемых. — М.: Недра, 1969. С. 325—330.
3. Константинов М.М. Золоторудные гиганты // Отечественная геология. 1993. № 6. С. 75—83.
4. Кремнецкий А.А., Гусев Г.С. Оценка минерогенетического потенциала рифтогенных ком-



- плексов и осадочного чехла Восточно-Европейской платформы методами поисковой геохимии // Отечественная геология. 1999. № 3. С. 19—27.
5. *Кременецкий А.А., Минцер Э.Ф.* Универсальность эволюции золоторудных систем — ключевой критерий регионального прогноза промышленного оруденения // Отечественная геология. 1995. № 5. С. 19—27.
  6. *Кренделев Ф.П.* Металлоносные конгломераты мира. — Новосибирск: Наука, 1974.
  7. *Марфунич А.С.* История золота. — М.: Наука, 1987.
  8. *Некрасов Е.М.* Сходство и коренные различия крупных и рядовых трещинных месторождений золота // Руды и металлы. 1999. № 3. С. 48—62.
  9. *Светов А.П.* Палеовулканология ятулия Центральной Карелии // Тр. ИГ КФАН. Л., 1972. Вып. 11.
  10. *Щеглов А.Д.* О металлогении Южно-Африканской республики, генезисе золоторудных месторождений Витватерсранда и проблеме открытия их аналогов в России. — Спб.: ВСЕГЕИ, 1994.
  11. *Kremenetsky A.A., Yushko N.A., Maksimiyuk I.Ye.* Hydrothermal formation of Precambrian auriferous conglomerates // Mineral Deposits: Research and Exploration Where do They Meet. A.A.Balkema / Rotterdam / Brookfield. 1997. P. 221—224. 18

УДК 553.493.062

© Л.С.Бородин, 2000

## К МЕТОДОЛОГИИ ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Л.С.Бородин (ИМГРЭ МПР России)

*Обсуждаются вопросы рудно-формационной типизации редкометальных гранитоидов и карбонатитов. Показана эффективность использования нового метода петрохимического трендового анализа в связи с решением ряда дискуссионных вопросов (апограниты и др.) Предлагается новая систематика карбонатитов как основа их прогнозно-минерагенической оценки.*

В методологии минерагенического прогноза эндогенных месторождений отправным положением является анализ их генетических связей с формациями магматических пород. Как известно, выделение формаций в течение длительного периода проводилось преимущественно на эмпирико-статистической основе, по совокупности геолого-петрографических данных. При этом использование геохимических и модельных петрографических критериев было не обязательным. В определенной степени это обстоятельство можно считать отражением распространенных в отечественной геологической литературе 50—60-х годов общих методологических принципов, согласно которым генетические представления, например об исходных магмах и путях их дифференциации, не должны привлекаться при формационном анализе.

Лишь постепенно, по мере накопления геохимических и экспериментально-петрологических данных, особенно в связи с разработкой моделей петрологических и рудообразующих систем, определилась важность генетической, причинно-следственной интерпретации соотношений магматических и рудных формаций.

За последние 10—15 лет, наряду с внедрением мобилистских представлений новой глобальной тектоники, в модернизации основ формационного анализа большое значение приобретает возможность использования обширной геохимической информации, особенно данных по закономерностям распределения в породах и рудах индикаторных микроэлементов, а также их изотопным соотношениям. С учетом этих данных возможна разработка объективных критериев типизации магматических фор-



### 1. Пересчет состава редкометалльного гранита (аляскита) для определения параметров $A_c$ и $(Na+K)/Ca$

Компоненты	Массовая доля, %	Атомная масса	Число атомов Ме-1000	$B_c$	Ме- $B_c$
SiO <sub>2</sub>	75,22	60,1	1252	1	—
TiO <sub>2</sub>	0,11	80	2	1,5	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,21	51	259	3	777
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,0	80	12,5	2	25
FeO	1,05	71,8	15	5	75
MnO	0,05	71	1	5	5
MgO	0,12	40,3	3	5,5	16
CaO	0,55	56,1	10	7,5	75
Na <sub>2</sub> O	3,69	31	119	8,5	1012
K <sub>2</sub> O	4,49	47	95,5	9,5	907
Сумма	—	—	—	—	2895

Примечание. Расчет параметров:  $A_c=4Si:\Sigma(Ме-B_c)=(1252\cdot 4):2895=1,73$ ,  $(Na+K)/Ca=(119+95):10=21,5$ . В качестве примера взят средний состав рудоносного аляскита, по Н.Г.Бузковой, 1986.

маций, включая и оценку типа рудогенных источников — коровых или мантийных. При этом широко используются различные индикаторные и дискриминантные диаграммы. Однако накопленный опыт формационного анализа показывает, что подобные диаграммы во многих случаях недостаточно эффективны, поскольку базируются преимущественно не на генетической, а на статистической усредненной информации и мало пригодны для сравнительной характеристики конкретных серий пород [13].

Принимая во внимание эти обстоятельства, автор разработал новый метод сериального петрохимического и геохимического анализа на основе сравнения типовых трендов дифференциации магматических серий. Общая характеристика метода приведена в работах [5, 6 и др.], а также в обстоятельной рецензии А.Ф.Белоусова [1]. Поэтому ниже кратко отмечены лишь некоторые существенные особенности данного метода.

1. Серии пород классифицируются на основе трендовой диаграммы в координатах  $(Na+K)/Ca-A_c$ , где  $A_c$  — универсальный параметр кислотности, оцениваемый по соотношению всех главных оксидов металлов (Ме), согласно полному силикатному анализу

пород. При этом учитывается их относительная основность ( $B_c$ ), определяющая химическую активность каждого катиона. Пересчет химических анализов для вычисления параметров  $A_c$  и  $(Na+K)/Ca$  весьма прост (табл. 1). Соотношение этих параметров позволяет сравнивать магматические серии и формации во всем поле возможных составов — от ультраосновных до наиболее кремнекислых. Одновременно количественно оценивается степень их щелочности — известковистости, традиционно используемая в петрологии для выделения главных типов формаций и магматических рядов. С базисной диаграммой соотнесена также классификация гранитоидов в пределах общего поля их составов [6].

2. Для сравнительного петрохимического эталонирования магматических серий и формаций намечены эталонные петрохимические тренды, представляющие главные типы магматизма из различных геодинамических обстановок.

3. Петрохимические тренды магматических серий и формаций в координатах кислотности — основности являются наглядной, наиболее общей моделью магматической эволюции, подчиняющейся фундаментальному принципу кислотно-основ-



ного взаимодействия компонентов (принцип Д.С.Коржинского) в процессе самопроизвольной эволюции состава магматических систем в земной коре. Поэтому трендам должно соответствовать закономерное изменение корреляционных отношений индикаторных микроэлементов и рудных компонентов, что имеет первостепенное значение при обосновании геохимических и прогнозно-минерагенических критериев типизации рудоносных, в том числе и редкометальных, формаций.

Перечисленные особенности позволяют считать целесообразным использование метода и при прогнозно-минерагеническом региональном и локальном анализе рудоносности редкометальных формаций. Как известно, редкометальные магматические формации представлены двумя главными группами: гранитоидной (преимущественно коровой) и щелочной (мантийной и мантийно-коровой). Для различных месторождений первой группы характерна генетическая связь с поздними этапами магматизма, завершающего длительную эволюцию региональных магматических систем. Поэтому очевидно, что методология минерагенического анализа должна предусматривать также, наряду с типизацией редкометальных гранитов, и характеристику магматических серий гранитоидов и предшествующих магматитов в составе региональных магматических комплексов и формаций. При таком подходе вероятно наиболее достоверная оценка потенциальной рудоносности магматических формаций и факторов генетической связи с ними редкометальных рудно-магматических систем.

К настоящему времени эффективность применения метода при решении основных задач петрологической и минерагенической типизации магматических серий установлена различными исследователями для ряда рудно-петрографических провинций России: Забайкалья, Саян, Якутии, Дальнего Востока и др.

В общем методическом аспекте главным итогом выполненных исследований можно считать подтверждение закономер-

ной генетической связи между петрохимическим составом магматических серий, их геохимической специализацией и появлением определенных типов рудно-магматических систем. Этот вывод приложим и к тем гранитоидным формациям, которые выделяются как особые типы в составе группы редкометальных гранитов. Первоначально термин употреблялся по аналогии с содержанием понятия «редкометальные месторождения» преимущественно по отношению к гранитам с повышенными содержаниями редкометальных минералов, особенно в рудоносных альбитизированных и грейзенизированных гранитах или апогранитах. Позднее этот тип гранитов привлек особое внимание в связи с многолетней дискуссией по проблеме их генезиса (метасоматического или магматического).

Имеющаяся обширная информация по этой проблеме позволяет считать, что упомянутые выше различия в генетических представлениях вполне могут быть согласованы в рамках обобщенной генетической модели остаточной гранитовой флюидно-магматической системы [8, 15]. В зависимости от состава и условий локализации ее дифференциатов возможно проявление аутометасоматических процессов с образованием последовательного генетического ряда пород — от поздних лейкогранитов и литий-фтористых альбит-микроклиновых гранитов до метасоматических альбититов. В апикальных участках гранитоидных массивов им соответствует закономерная метасоматическая зональность с появлением различных редкометальных фаций [3, 9]. Наряду с этим, возможно обособление остаточных дериватов в виде субвулканических, жильных и дайковых пород типа онгонитов и их аналогов (альваны, калгутиты).

В последнее время дискуссия по проблеме редкометальных гранитов приобрела несколько иное направление: в качестве проблемного вопроса обсуждается содержательный смысл понятия «редкометальный гранит» [2]. Предлагается сузить объем этого понятия, исключив из него те типы лейкогранитов и аляскитов, с которыми



связаны преимущественно месторождения Sn, W и Mo, сохранив за этим понятием лишь типичные литофильные редкие металлы — Ta, Nb, Zr и др.

На первый взгляд, это чисто типологический, классификационный вопрос. Однако при дальнейшем рассмотрении выясняется, что за этим скрыты гораздо более принципиальные формационные и металлогенические аспекты. Прежде всего им затрагивается проблема петролого-формационной типизации и оценки потенциальной рудоносности главных групп ультракислых гранитоидов — лейкогранитов и аляскитов. В отличие от единичных, преимущественно мелких массивов апогранитов и щелочных гранитоидов лейкограниты и аляскиты олово- и вольфраморудных провинций распространены на значительных площадях в пределах крупных регионов. Таким образом, дискуссия затрагивает проблему региональных прогнозных критериев. Данная проблема достаточно актуальна, поскольку в настоящее время нет определенного мнения о типовых составах рудоносных лейкогранитов и аляскитов. Исходя из упоминавшихся вначале принципов формационного анализа, комплексы этих наиболее поздних гранитоидов выде-

лялись обычно как автономные, вне петрологической связи с предшествующими гранитоидами. Это существенно затрудняет генетическую интерпретацию их геохимической специализации и объективность критериев их рудоносности при сравнении различных редкометалльных провинций.

Согласно, например, методическому руководству ВСЕГЕИ (автор Н.Г.Бузкова, 1986), к промышленно рудоносным следует относить только аляскиты. По мнению других исследователей, напротив, рудоносными могут быть лишь лейкограниты, но не аляскиты. Исходя из этого, рядом авторов в целях использования при прогнозе редкометалльного оруденения рассчитаны средние составы лейкогранитов, характерных для главных рудных районов — редкометалльных, оловянных, вольфрамовых и молибденовых (табл. 2). Среди них выделяются три группы, соответствующие общему ряду возрастной эволюции гранитоидов: А — нередкометалльные граниты, Б — субредкометалльные лейкограниты, В — собственно редкометалльные микроклин-альбитовые лейкограниты. При нанесении их на трендовую диаграмму (рис. 1) группы А и Б могут быть объединены обычным для лейкогранитов эволюционным трендом,

## 2. Средние составы редкометалльных гранитоидов

Компоненты	Лейкограниты (микроклин-альбитовые)						Аляскиты			Апограниты	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO <sub>2</sub>	72,0	73,0	74,50	73,30	75,10	74,70	75,22	75,26	75,49	73,32	74,00
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,09	0,08	0,12	0,08	0,15	0,11	0,13	0,17	0,25	0,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,0	14,0	13,0	14,90	13,80	12,40	13,21	12,97	12,12	3,50	14,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,73	0,20	0,40	0,40	0,60	1,50	2,05	1,83	1,08	1,15	1,03
FeO	0,73	0,60	1,30	0,70	0,60	1,20	2,05	1,83	1,03	1,14	0,94
MnO	0,20	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03	—
MgO	0,10	0,20	0,15	0,40	0,20	0,15	0,12	0,15	0,15	0,40	0,20
CaO	0,20	0,60	0,50	1,05	0,50	0,45	0,55	0,54	0,41	0,65	0,66
Na <sub>2</sub> O	5,30	4,50	4,20	4,15	4,50	4,65	3,69	4,11	3,64	5,27	5,0
K <sub>2</sub> O	2,30	4,50	4,70	4,15	4,50	4,70	4,49	4,63	4,81	5,23	3,9
A <sub>c</sub>	1,61	1,55	1,62	1,57	1,61	1,57	1,37	1,69	1,77	1,60	1,54
(Na+K)/Ca	62	22,5	26	12	27	31	21,5	24	41	12	20

Примечание. 1—3 — оловоносные, 4—6 — молибденоносные провинции; 7 — промышленно рудоносный, 8 — ограниченно рудоносный; 9, 10 — средние для Монголо-Охотской зоны; 11 — средний альбитовый. При составлении таблицы использованы данные С.М.Бескина (1—6), А.А.Бейса (11), Н.Г.Бузковой (7, 8) и П.В.Коваля (9, 10).



близ границы известково-щелочного и субщелочного полей. Группа В обособлена от них и как бы подчинена особому вертикальному тренду, что необычно для последовательных рядов магматической дифференциации. Отсюда очевидна петрохимическая и генетическая неоднородность данной выборки, что заставляет сомневаться в ее репрезентативности.

Следует отметить, что вне данной репрезентативной группы лейкогранитов находится состав промышленно рудоносных аляскинтов, по Н.Г.Бузковой, рассчитанный метода-

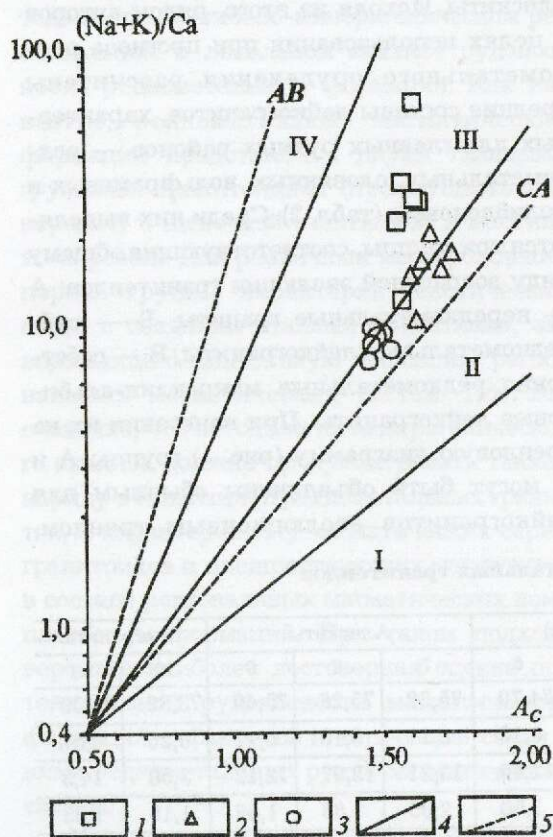


Рис. 1. Положение средних составов редкометалльных гранитов на классификационной трендовой диаграмме, по С.М.Бескину, А.Г.Жабину, Ю.К.Кудрявцеву, Е.И.Филатову, 1996:

1 — редкометалльные лейкограниты; 2 — субредкометалльные лейкограниты; 3 — нередкометалльные лейко- и мезограниты; 4 — границы и номера классификационных полей (I — известковое, II — известково-щелочное, III — субщелочное, IV — щелочно-базальтовое); 5 — главные эталонные тренды (CA — орогенный известково-щелочной, AB — щелочно-базальтовый рифтогенный)

ми математической статистики, а также типовые составы гранитоидов многих рудоносных районов из эталонной выборки справочника ИГЕМ по магматическим породам. Поэтому можно заключить, что способ расчета нескольких межрегиональных эталонов путем усреднения данных по многим конкретным провинциям методологически вряд ли состоятелен. Основная причина неприемлемости такого подхода в том, что не учитывается в должной степени специфика конкретных региональных петрологических и геолого-структурных факторов магматизма. Примерно аналогичный вывод был сделан и при оценке прогнозных возможностей статистико-дискриминантных диаграмм, как не приспособленных для интерпретации результатов непрерывных эволюционных процессов [13]. Во всяком случае, не вызывает сомнения то, что выделению каких-либо петрохимических стандартных (усредненных) составов редкометалльных гранитов должен предшествовать сравнительный анализ ряда наиболее типичных серий. Таким путем возможно получение объективной оценки взаимоотношения составов редкометалльных и безрудных гранитов в общем эволюционном ряду, завершающемся формированием локальных рудно-магматических систем (РМС). В качестве примеров сравнительного анализа рассмотрим трендовые диаграммы некоторых серий редкометалльных гранитоидов.

Первый из них относится к кукульбейскому комплексу гранитоидов. Данный комплекс противопоставляется как редкометалльному ряду других формаций гранитоидов Восточного Забайкалья [10]. С ним генетически связаны давно изучаемые апогранитовые редкометалльные месторождения Этыки и Орловки. Исходя из трендовой диаграммы (рис. 2), нетрудно определить общую модельную схему последовательной дифференциации гранитоидов, не прибегая к каким-либо дополнительным модельным постулатам и аналогиям. Прежде всего следует отметить, что образованию редкометалльных РМС апогранитового типа пред-



шествует свой закономерный тренд. Он включает наиболее крупные гнейсо-гранитовые и батолитовые мезозойские комплексы Забайкалья — даурский, борщовочный и др. По данным В.Д.Козлова, В.Ф.Налетова и других исследователей, к этим комплексам принадлежат крупные мезоабиссальные батолитовые массивы площадью до 2500—5000 км<sup>2</sup>. Процесс регионального магматизма завершается формированием стандартных известково-щелочных лейкогранитов (рис. 2, точка Б<sub>2</sub>). Аналогичный тип гранитов, соответствующий общему

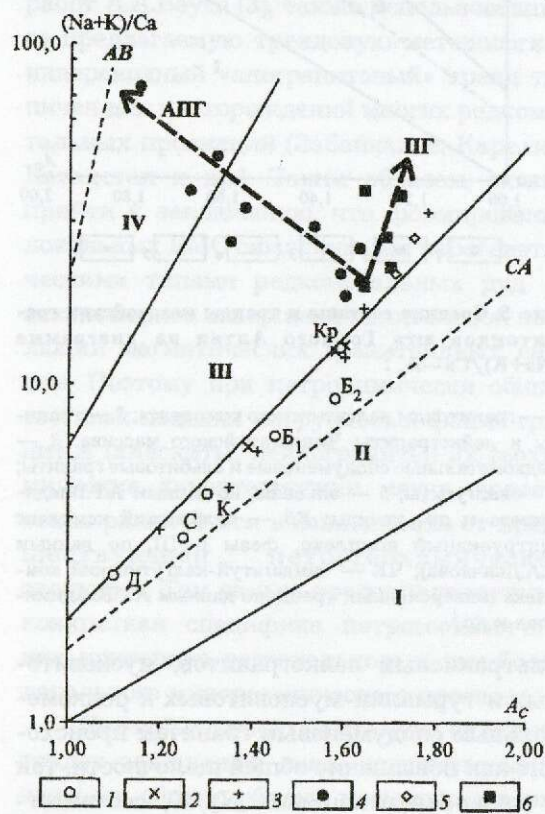


Рис. 2. Средние составы и тренды мезозойских гранитоидов Восточного Забайкалья на диаграмме  $(Na+K)/Ca-A_c$ , использованы данные В.Г.Козлова, П.В.Ковалева, В.Е.Загорского и др.:

1 — гранитоиды батолитовых гранодиорит-гранитовых комплексов (Д — даурский, С — сохондинский, К — кыринский, Б<sub>1</sub> и Б<sub>2</sub> — борщовочный); граниты и лейкограниты редкометальных и пегматитоносных комплексов: 2 — харалгинский; 3 — кукульбейский, Кр — средний состав; 4 — апограниты Этыки и Орловки, по П.В.Ковалю; 5 — аляскиты, средние, по А.А.Беусу; 6 — материнские граниты пегматитовых полей; тренды: АПГ — апогранитовый (инверсионный), ПГ — пегматитовый (позднемагматический)

тренду, присутствует и в составе кукульбейского редкометального комплекса (точка Кр на тренде). На конечном этапе дифференциации формируются лейкограниты купольных фаций. Петрохимически близки к ним и граниты, материнские для редкометальных пегматитов Завитинского и других полей, относимых к кукульбейскому комплексу. Петрохимическим трендом этих пегматитоносных гранитов завершается собственно магматический этап общего эволюционного процесса (условно «пегматитовый» тренд — ПГ на общей диаграмме, см. рис. 2). Одновременно с пегматитоносными гранитами формируются граниты и лейкограниты кукульбейского комплекса, с которыми генетически связаны более поздние редкометальные апограниты. Однако в этом случае повышение щелочности, преимущественно натриевой, не сопровождается ростом кремнекислотности, что приводит к инверсии петрохимического тренда. Согласно экспериментальным данным, такой инверсии соответствует переход от магматических к более низкотемпературным флюидно-силикатным и силикатно-солевым системам.

Их последующая кристаллизация обуславливает появление легкоподвижных, существенно альбитовых («апогранитовых») составов, обогащенных редкими остаточными (некогерентными) элементами, включая литий, тантал и ниобий. Продукты дифференциации этих остаточных систем либо обособляются в виде мелких интрузивных штоков и даек, либо, мигрируя кверху из глубинных участков батолитов, взаимодействуют с гранитоидами купольных фаций с образованием различных обогащенных фтором, литием, танталом и другими редкими элементами существенно альбитовых пород, вплоть до альбититов [3, 9]. Сериям таких пород соответствует инверсионный отрезок общего петрографического тренда — «апогранитовый» тренд (АПГ), почти перпендикулярно пересекающий все субщелочное поле III диаграммы (см. рис. 2). Однако субщелочные латитовые (мондонитоидные) и трахиандезитовые



серии, как и в других полях диаграммы, представлены трендовыми пучками и подчиняются общей закономерности параллельного возрастания щелочности и кремнекислотности. Нахождение в этом поле принципиально иного тренда, пересекающего любые тренды вулканогенных и плутонических серий, обусловлено, вероятно, не магматической дифференциацией, а процессами послемагматического метасоматоза. Поэтому методология обоснования прогнозно-поисковых критериев редкометального оруденения должна базироваться на модельных теоретических и практических разработках по метасоматическим, но не магматическим процессам [3, 9, 15].

В качестве еще одного показательного примера рассмотрим петрохимический тренд триасово-юрского чиндагатуйско-калгутинского комплекса на юге Горного Алтая. Эволюция гранитоидного магматизма здесь завершается образованием лейкогранитов, альбититов и особых редкометальных альбит-сподуменовых фаций гранит-порфиров, с которыми связано известное Алахинское месторождение литиевых и танталовых руд.

К поздним образованиям относятся также дайковые фации калиевых (эльваны) и натриевых (калгутиты) аналогов редкометальных гранитов. Предполагается, что предшествующие им биотитовые граниты Чиндагатуйского и Калгутинского массивов принадлежат к общему гранитному батолиту. В процессе его глубинной дифференциации и могли возникнуть остаточные фракции расплавов повышенной щелочности, обогащенных Li, Ta, Cs и другими редкими металлами [14].

С учетом этих предположений был определен петрохимический тренд, общий для всех упомянутых пород, по данным [14]. На диаграмме (рис. 3) эволюции состава главной фазы калгутинских гранитоидов, вплоть до лейкогранитов, соответствует единый, близкий к линейному, тренд, конформный общему сериальному трендовому пучку диаграммы. На конечном этапе магматической эволюции при переходе от

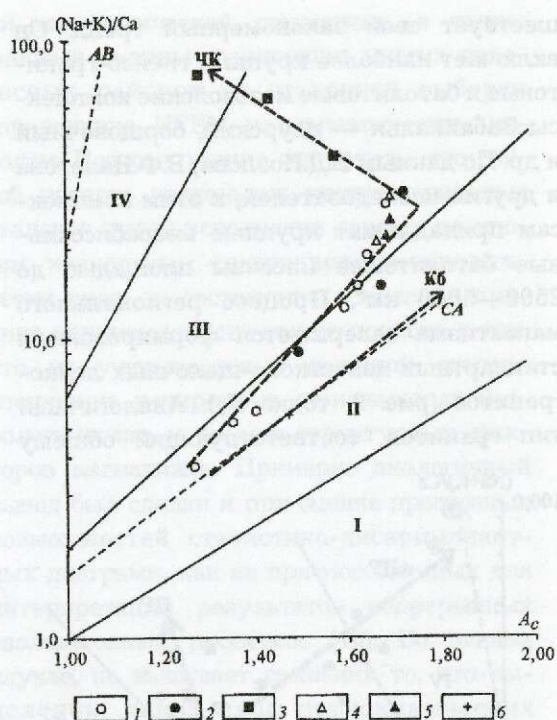


Рис. 3. Средние составы и тренды мезозойских гранитоидов юга Горного Алтая на диаграмме  $(\text{Na}+\text{K})/\text{Ca}-A_c$ :

1 — гранитоиды калгутинского комплекса; 2 — граниты и лейкограниты Чиндагатуйского массива; 3 — редкометальные сподуменовые и альбитовые граниты; 4 — калгутиты; 5 — эльваны, по данным А.Г.Владимира и др.; тренды: КБ — калбинский комплекс (интрузивный комплекс, фазы I—III, по данным Б.А.Дьячкова); ЧК — чиндагатуйско-калгутинский комплекс (инверсионный тренд, по данным А.Г.Владимира и др.)

ультракислых лейкогранитов, мусковитовых и турмалин-мусковитовых к редкометальным сподуменовым гранитам происходит как повышение общей щелочности, так и инверсия отношения Na/K, соответствующая общей инверсии петрохимической магматической системы. В результате, подобно апогранитам кукульбейского комплекса, происходит инверсионный переход от лейкогранитов к редкометальным литий-танталовым сподумен-альбитовым рудоносным фациям. Примечательно, что в данном случае редкометальные фации гранитоидов, включая эльваны и калгутиты, находятся в области перехода от гранитоидов калгутинского комплекса к инверсионной редкометальной части тренда. Тем



самым подтверждается генетическое единство всей рудно-магматической системы, начиная от стандартных биотитовых гранитов и кончая формированием рудной системы на инверсионном отрезке тренда («инверсионная РМС»). Поэтому очевидна условность минерагенической автономии собственно редкометалльных РМС, завершающих общий эволюционный тренд гранитов и лейкогранитов. Очевидна также и условность генетической автономии лейкогранитов и аляскитов.

Как показано в одной из последних работ А.А.Беуса [3], также использовавшего предлагаемую трендовую методологию, инверсионный «апогранитовый» тренд типичен для месторождений многих редкометалльных провинций (Забайкалье, Карелия, Казахстан и др.). Таким образом, можно прийти к заключению, что формирование локальных РМС с различными парагенетическими типами редкометалльных руд — закономерное завершение длительной эволюции магматических гранитоидных систем. Поэтому при петрохимически общих составах поздних интрузивных фаций гранитов (аляскиты, лейкограниты) их геохимические характеристики могут существенно различаться в зависимости от предшествующей петрогеохимической эволюции. Тем самым предопределяется и конкретная специфика петрогеохимических критериев регионального и тем более локального минерагенического прогноза.

Щелочные породы в отличие от гранитоидов составляют лишь незначительную часть от общего объема магматитов верхней коры. Еще более редки редкометалльные щелочные формации. Среди них по числу связанных с ними крупных и уникальных месторождений главное место занимают карбонатитовые. В отечественной литературе редкометалльные карбонатиты традиционно, начиная с 50-х годов, рассматриваются как представители особой щелочно-ультраосновной формации. Основанием для этого послужили, в первую очередь, данные изучения нескольких щелочных провинций России, в которых кар-

бонатиты и щелочно-ультраосновные породы типа ийолитов входят в состав общих интрузивных комплексов. Исходя из этого, предполагается, что карбонатиты являются наиболее поздними дифференциатами щелочно-ультраосновного магматизма, в результате которого концентрируются редкие элементы и возникают остаточные, преимущественно метасоматические рудогенные системы. На этих представлениях базируются модели РМС и методические рекомендации по проведению поисковых и поисково-оценочных работ на редкие элементы и карбонатиты [12, 16].

Однако уже давно, к середине 60-х годов, после завершения начального этапа поисков карбонатитов накопились сведения о том, что во многих крупных провинциях таких, например, регионов, как Канада, Бразилия, Ангола, ийолиты отсутствуют или являются второстепенными породами по сравнению с нефелиновыми и щелочными сиенитами. С учетом этих данных автором в 1966 г. впервые была предложена полиформационная систематика карбонатитов [4]. В ней существенно расширился объем понятия «редкометалльная карбонатитовая формация». Соответственно расширились и перспективы обнаружения новых рудоносных районов. В качестве примера можно привести Бразилию. Здесь в результате интенсивных поисков в 60—70 годах крупные месторождения были выявлены главным образом в составе комплексных массивов, где отсутствуют щелочно-ультраосновные породы. Так, из 20 наиболее крупных и разведанных карбонатитовых комплексов лишь в четырех встречены ийолиты, в то время как нефелиновые и щелочные сиениты — в 15. В наиболее крупных комплексах, включающих и уникальные по запасам месторождения (Араша, Тапира, Каталан), ийолиты вообще не обнаружены.

За этот же период в типичных щелочно-ультраосновных провинциях России, например Карело-Кольской, для которой наиболее обычны ийолиты, так и не удалось найти ни одного подобного бразильским месторождения. В какой-то степени это



объясняется нахождением в провинции лишь группы мелких комплексных массивов, в объеме которых доля карбонатитов мала. Однако вряд ли это главная причина. Об этом свидетельствует пример Гулинского массива (Маймеча-Котуйская провинция) — одного из крупнейших в мире комплексных массивов ультрамафитов, щелочных пород и карбонатитов. Площадь лишь одних ультрамафитов (дунитов) превышает в нем  $500 \text{ км}^2$ , но карбонатитовые штоки практически безрудны. Для первичных дунитов характерна обычная Cr-Ni специализация, а какая-либо редкометалльная минерализация отсутствует. На этом основании автором давно уже был сделан вывод об отсутствии генетической связи (комагматичности) между ультрамафитами и карбонатитами [4], подтвержденный позднее изотопными данными [11]. В связи с этим следует отметить, что в щелочно-карбонатитовых комплексах в отличие от гранитоидных серий предшествующие карбонатитам силикатные магматиты не образуют единого эволюционного ряда с закономерным, последовательным изменением петрогеохимических параметров.

В щелочно-ультраосновных породах, следующих за ультрамафитами, нередки проявления магматической дифференциации. Однако ни в одной из подобных дифференцированных серий не происходит закономерного повышения концентрации редких элементов. Таким образом, отсутствуют факторы, благоприятные для формирования руд в более поздних карбонатитах. Поэтому не случайно в большинстве комплексных массивов образующиеся после ийолитов ранние кальцитовые карбонатиты в основном безрудны и не содержат сингенетичного им редкометалльного оруденения. Нередки автономные штоки рудных карбонатитов, не сопровождаемые ийолитами. Во внешнем ореоле таких штоков могут быть представлены только метасоматические фениты и щелочные сиениты.

На основании детального изучения большинства комплексных карбонатитовых массивов из различных щелочно-кар-

бонатитовых провинций можно заключить, что во всех случаях карбонатиты генетически и минерагенетически автономны: их состав и рудоносность не зависят от состава, объемных соотношений и рудоносности предшествующих пород, в том числе и щелочно-ультраосновных. Поэтому карбонатиты и сингенетичные им камафориты (фоскориты), сопровождаемые щелочными сиенитами (фенитами), следует выделить как самостоятельный генетический формационный тип — щелочно-карбонатитовая формация.

Согласно современным представлениям, щелочно-карбонатитовые комплексы — продукты генерированных в мантии флюидно-магматических систем. Главными компонентами этих систем наряду с силикатными могут быть специфические щелочно-карбонатитовые солевые расплавы, концентрирующие флюидные компоненты ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , фтор и др.). Наличие последних обуславливает развитие интенсивного щелочного метасоматоза (фенитизации), обычно сопровождающего формирование карбонатитовых комплексов. Для оценки принадлежности первичной системы к преимущественно магматическому или флюидно-селевому типу достаточно брать за основу реальные геолого-петрографические данные об объемных соотношениях фенитовых комплексов с карбонатитами и другими породами. На этом основании автором предложена новая классификация карбонатитов [7]. В зависимости от генетических особенностей и состава общих парагенезисов карбонатитов и других пород среди них могут быть намечены следующие петрологически наиболее контрастные формационные типы: М — магматический с преимущественным развитием парагенезиса предшествующих карбонатитам ультрамафитов и щелочно-ультраосновных пород, ФК — флюидно-карбонатитовый с преимущественным развитием дифференциатов карбонатитовых систем (сэвиты, камафориты и др.), а также фенитов. Переходным между ними является тип ФМ. В качестве особого типа, с



максимальным проявлением гибридных анатектических процессов, выделен тип ФА — флюидно-анатектический, представленный главным образом сиенитами и нефелиновыми сиенитами — продуктами взаимодействия флюидно-карбонатитовых систем и глубинно-коровых пород (рис. 4).

Во многих, если не во всех, комплексах интрузивных карбонатитов решающее значение в появлении рудной редкометальной минерализации принадлежит флюидно-метасоматическим процессам перекристаллизации и метасоматоза первоначально безрудных кальцитовых, отчасти и доломитовых карбонатитов, а также фенитизированных пород. Наглядным подтверждением

этого служит и появление редкометальных и апатитовых руд вне карбонатитов — в предшествующих зонах фенитов (месторождение Большетагинское, массив Эссей). Для комплексных массивов возможно появление крупных апатит-магнетитовых месторождений при взаимодействии ультрамафитов и апатитоносных флюидно-солевых расплавов (Якупиранга).

В случае глубинных магматических очагов, т.е. относительно закрытого типа щелочно-карбонатитовых систем (типы М, ФМ, ФК), создаются наиболее благоприятные условия как для реализации процессов длительной силикатно-карбонатной (солевой) дифференциации, так и для рудогене-

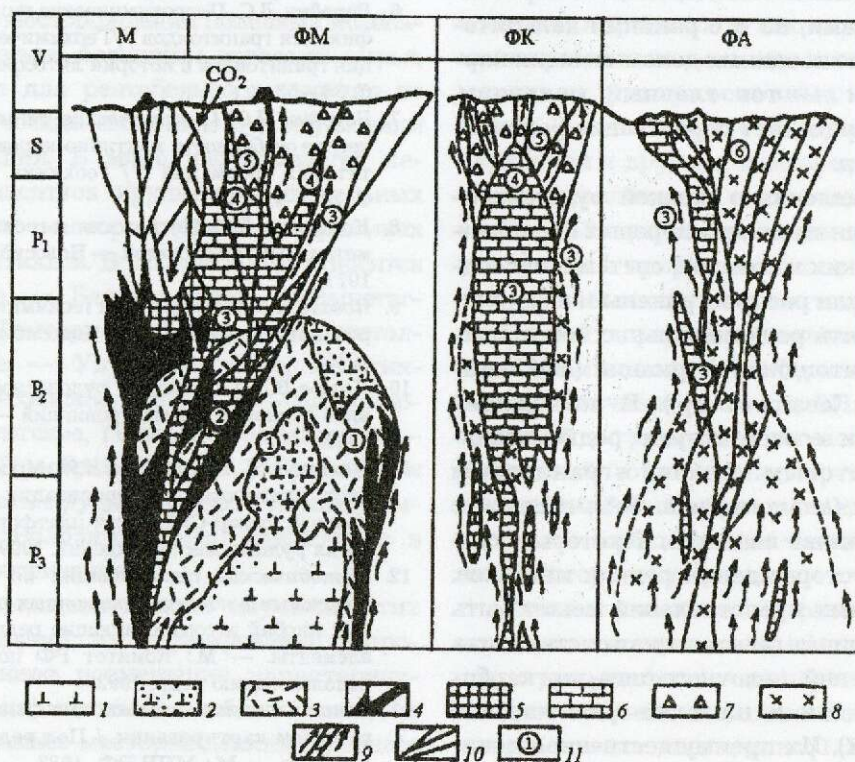


Рис. 4. Общая схема формирования щелочно-карбонатитовых комплексов и рудных формаций:

петрологические типы щелочно-карбонатитовых комплексов: М — магматический, ФМ — флюидно-магматический, ФК — флюидно-карбонатитовый, ФА — флюидно-анатектический; геолого-структурные типы: вулканический (V), субвулканический (S), plutонический — слабо-среднеэродированный (P<sub>1</sub>), средне-глубокоэродированный (P<sub>2</sub>), глубокоэродированный (P<sub>3</sub>); главные типы пород: 1 — дуниты, 2 — аподунитовые оливиниты, 3 — пироксениты, слюдиты, флогопит- и нефелин-пироксеновые породы, 4 — интрузивные ийолиты и мельтейгиты, 5 — метаматическая карбонатизация, 6 — карбонатиты, 7 — фенит-карбонатитовые брекчии и силикатно-карбонатные породы, 8 — нефелиновые сиениты, 9 — зоны фенитизации и карбонатизации, 10 — дайки щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов; 11 — рудные формации: 1 — перовскит-титаномангнетитовая, 2 — камафоритовая (апатит-форстерит-магнетитовая), 3 — редкометальных пирохлоровых карбонатитов, 4 — редкоземельных карбонатитов, 5 — флюоритовых карбонатитов и фенитов, 6 — редкометальные фации нефелиновых сиенитов



длительной силикатно-карбонатной (солевой) дифференциации, так и для рудогенеза. Важная для редкометальной минерализации особенность ранних высокотемпературных стадий карбонатитового процесса — геохимическая некогерентность (кристаллохимическая несовместимость) кальция и редких металлов — ниобия, тантала, урана, тория, а также щелочей, титана и фосфора. Они постепенно вытесняются из объема кристаллизующейся кальцитовой магмы в виде щелочно-карбонатных, щелочно-галоидных и других флюидных эманаций и надкритических солевых апатитовых растворов (рассолов). Последующее взаимодействие щелочных эманаций и растворов не только с вмещающими карбонатитовыми породами, но и с ранними кальцитовыми и более поздними доломитовыми карбонатитами — тот главный механизм, который определяет образование редкометальных руд.

Представления о важной рудогенерирующей роли мантийно-коровых флюидно-магматических и солевых систем в последние годы были распространены и на значительную часть редкометальных месторождений гранитоидных формаций (В.И.Коваленко, П.В.Коваль и др.). В наибольшей степени они соответствуют редкометальным агпаитовым щелочно-гранитовым формациям (аналоги типа ФА), в связи с которыми также известны некоторые уникальные месторождения редких металлов. С учетом этих представлений может быть намечена единая генетическая систематика месторождений щелочного ряда, как карбонатитовых, так и щелочно-гранитоидных (агпаитовых). Их преимущественная локализация в зонах трансрегиональных «сквозьструктурных» разломов, генетическая связь с очагами подкорового магматизма и независимость от верхнекоровых гранитоидных и других региональных формаций определяют существенные различия в методологии металлогенетического анализа по сравнению с обычными рудно-магматическими системами базальтоидных и гранитоидных формаций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов А.Ф. Петрохимическая диаграмма и петрогенетическая модель // Отечественная геология. 1999. № 3. С. 67—68.
2. Бескин С.М., Марин Ю.Б., Матиас В.В., Гаврилова С.П. Так что же такое редкометальный гранит? // Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в России в XXI в. Междунар. симпозиум. Москва, 1998. С. 170—172.
3. Беус А.А., Щербакова Т.Ф. К геохимии редкометальных альбитизированных гранитоидов (апогранитов) // Геохимическая эволюция гранитоидов в истории литосферы. М., 1993. С. 218—243.
4. Бородин Л.С. Карбонатитовые месторождения редких элементов // Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. М., 1966. Т. 3. С. 215—267.
5. Бородин Л.С. Петрохимия магматических серий. — М.: Наука, 1987.
6. Бородин Л.С. Петрохимические типы и классификация гранитоидов // Геохимическая эволюция гранитоидов в истории литосферы. М., 1993. С. 36—53.
7. Бородин Л.С. Геохимические типы и геохимические особенности мантийно-коровых карбонатитовых формаций // Геохимия. 1994. № 12. С. 1683—1692.
8. Коваленко В.И. Петрология и геохимия редкометальных гранитоидов. — Новосибирск: Наука, 1977.
9. Коваль П.В. Петрология и геохимия альбитизированных гранитов — Новосибирск: Наука, 1975.
10. Козлов В.Д. Геохимия и рудоносность гранитоидов редкометальных провинций. — М.: Наука, 1985.
11. Малич К.Н., Костянов К.И. Модельный возраст платиновой минерализации Гулинского массива (север Сибирской платформы) // Геология рудных месторождений. 1999. № 2. С. 143.
12. Методические рекомендации по проведению поисковых и поисково-оценочных работ на тантал, ниобий и сопутствующие редкоземельные элементы. — М.: Комитет РФ по геологии и использованию недр, 1992.
13. Основы геодинамического анализа при геологическом картировании / Под ред. Н.В.Межеловского. — М.: МПР РФ, 1987.
14. Петрология раннемезозойских редкометальных гранитов юга Горного Алтая / А.Г.Владимиров, С.А.Выставной, А.В.Титов и др. // Геология и геофизика. 1998. № 7. С. 901—911.
15. Сырицо Л.Ф., Табуис Э.В. Геохимическая модель формирования Li-F гранитов Орловского массива (Восточное Забайкалье) // Проблемы генезиса магматических и метаморфических пород. СПб., 1998.
16. Эпштейн Е.М. Геолого-петрологическая модель и генетические особенности рудоносных карбонатитовых комплексов. — М.: Недра, 1994.



УДК 553.078

© В.В.Архангельская, 2000

## СПЕЦИФИКА РЕГИОНАЛЬНОГО И ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КРУПНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛИТОФИЛЬНЫХ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

**В.В.Архангельская (ВИМС МПР России)**

*Показано, что специфика прогнозирования месторождений литофильных редких металлов обуславливается: их своеобразным структурным положением; многостадийностью формирования, отраженной в их зональности; видовым составом и содержанием акцессорных минералов; наличием в связи с ними определенных по величине и форме магнитных, гравитационных, радиоаномалий и геохимических ореолов, а также другими особенностями.*

Как известно, к крупным и уникальным относятся месторождения полезных ископаемых с весьма большими запасами сырья, пригодные для рентабельного освоения по технологическим свойствам руд и условиям их залегания. В мире насчитывается несколько десятков крупных и уникальных эндогенных месторождений литофильных редких металлов. В России к ним относятся ниобиевые — Белозиминское, Большешетанинское, Томторское, Ловозерское, тантал-ниобиевые — Улуг-Танзекское, Катугинское, Зашихинское, литиевые — Колмозерское, Тастыгское, Гольцовое, бериллиевые — Боевское, Преображенновское, Пограничное и др. [8]. Богатые руды некоторых из них (Томторского, Белозиминского) заключены в корах выветривания.

Как показывает опыт изучения этих месторождений, их формирование и пространственное размещение характеризуются специфическими особенностями, не свойственными месторождениям среднего и мелкого масштабов и предопределяющими их поисковые критерии и прогностические признаки [2, 3, 11 и др.]. Эти особенности обуславливаются прежде всего геолого-генетическим типом месторождений, но проявляются в них иначе, чем в мелких и средних месторождениях того же типа.

Крупные и уникальные месторождения литофильных редких металлов представлены ограниченным числом геолого-гене-

тических типов: 1) ниобиевый с редкими землями, цирконием и некоторыми другими попутными элементами в карбонатитах массивов ультраосновных щелочных пород; 2) ниобиевый с редкими землями, цирконием и другими компонентами в массивах нефелиновых сиенитов; 3) тантал-ниобиевый с редкими землями, иттрием и цирконием в приразломных щелочных метаморфогенных метасоматитах; 4) тантал-ниобиевый с редкими землями, иттрием, цирконием и не всегда с бериллием в массивах щелочных гранитов; 5) литиевый и цезиевый в гранитных пегматитах; 6) бериллиевый в скарновых, грейзеновых и гидротермальных образованиях в связи с массивами субщелочных так называемых литий-фтористых гранитов.

Главные региональные факторы прогнозирования месторождений данных типов — структурно-тектонические. Они были установлены многими исследователями и автором уже сравнительно давно [1, 3, 7, 13 и др.]. Их сущность кратко сформулирована в работе [9, с. 18]: «Использование (в поисковых целях) систем разломов планетарной трещиноватости... показало бесспорную приуроченность к ним резко преобладающего большинства эндогенных месторождений редких металлов, свинцово-цинковых, урановых, флюоритовых, что подтверждает их коромантийное происхождение и позволяет делать существенные выводы прогностичес-



кого характера». Названные линеаменты зоны планетарной трещиноватости на поверхности Земли образуют ортогональную и диагональную сеть и имеют сквозьструктурный характер [1, 3, 10]. Составляющие их разломы глубинного, мантийного, заложения — докембрийские, периодически активизировавшиеся на протяжении всей геологической истории, а приуроченные к ним месторождения возникали при их активизации и инициированном ею крупномасштабном рифтинге, размещаясь в пределах грабенов рифтовых систем (месторождения 1—3, 5 типов), в бортах и перемычках между грабенами (месторождения 4, 6 типов) [1, 4, 5, 12, 13]. В изученных случаях линеаменты располагаются над гребнями поверхности Мохо и совмещаются с линейными гравитационными аномалиями в 10—30 мГал. Предполагается, что приуроченные к ним рудные месторождения образовались под воздействием потоков мантийных восстановительных флюидов, транспортирующих металлы, причем допускается возможность смещения флюидов с коровыми магмами, постмагматическими растворами, богатыми кислородом подземными водами [6].

Доказана приуроченность крупных и уникальных эндогенных редкометальных месторождений к узлам пересечения и сопряжения линеаментов и местам пересечения с ними вписывающихся в линеаменты различных рифтогенных структур (зеленокаменных поясов, протоавлакогенов и авлакогенов, грабенов и горстов палеорифтовых систем), располагающихся в пределах щитов платформ, срединных массивов (микроконтинентов) и участков ранней консолидации складчатых поясов [1, 5, 11, 13].

Так, среди многочисленных карбонатитовых месторождений и рудопроявлений в массивах ультрабазитов и щелочных пород, приуроченных к грабенам вписывающейся в меридиональный линеамент Восточно-Африканской рифтовой системы, массивы, вмещающие крупные месторождения, располагаются в пересечениях этой системы с поперечными к ней субширотными линеаментами [4].

Ловозерский массив нефелиновых сиенитов с уникальными редкометальными месторождениями находится на пересечении Ковдор-Хибино-Ивановской ветви Хибино-Зимнебережной палеозойской рифтовой системы [5], относящейся к северо-восточному линеаменту, с Имандра-Варзутским грабеном раннепротерозойской Кольской рифтовой системы, которая вписывается в Кольско-Вятско-Мезенский северо-западный линеамент (рис. 1).

Крупное литиевое пегматитовое Колмозерское месторождение размещается на пересечении мощной северо-западной зоны разрывов, ограничивающей с севера Кольскую систему, с поперечным к ней разрывом, вдоль которого в фанерозое заложилась Ковдор-Хибино-Ивановская ветвь палеозойской рифтовой системы. В северо-западной зоне разрывов локализованы и другие редкометальные месторождения, однако они не относятся к крупным.

Уникальное тантал-ниобиевое Катугинское месторождение в щелочных метаморфогенных метасоматитах и недавно освоенное месторождение Брокмен того же генетического типа в Австралии приурочены к узлам пересечения раннепротерозойских трогов — прототипов фанерозойских грабенов-рифтов — с поперечными линеаментами [2].

Крупное позднепалеозойское тантал-ниобиевое Зашихинское месторождение располагается в борту сформированного в зоне Главного Саянского разлома Агуло-Тагульского грабена палеозойской рифтовой системы, вписывающейся в северо-западный Саянский линеамент, и находится на пересечении грабена с широким (99—101° в.д.) субмеридиональным Таймыро-Малазийским линеаментом (рис. 2).

К пересечению Таймыро-Малазийского линеамента с наложенным на край Сибирской платформы также вписывающимся в Саянский линеамент раннепротерозойским Урикско-Ийским трогом приурочено крупное раннепротерозойское литиевое пегматитовое Гольцовое месторождение, а к оперяющим формирующим трог разломам —



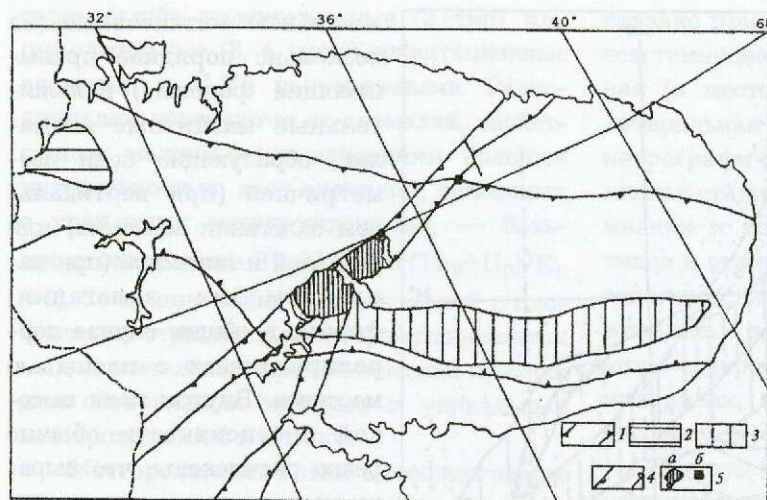


Рис. 1. Схема расположения крупных и уникальных редкометалльных месторождений Кольского полуострова в рифтогенных структурах Балтийского щита:

1 — границы раннепротерозойской Кольской рифтовой системы; 2 — Печенгский грабен; 3 — Имандра-Варзугский грабен; 4 — границы Ковдор-Хибино-Ивановской ветви палеозойской Хибино-Зимнебережной рифтовой системы; 5 — Хибинский и Ловозерский массивы щелочных и нефелиновых сиенитов (а — уникальные апатитовые и редкометалльные месторождения, б — Колмозерское литиевое месторождение)

крупные позднедокембрийские ниобиевые Большетагнинское и Белозиминское месторождения.

К региональным прогностическим признакам, общим для всех рассматриваемых месторождений, можно отнести возникновение их в периоды крупных планетарных циклов эндогенного рудообразования: позднеархейский, раннепротерозойский, рифейско-раннепалеозойский, позднепалеозойско-мезозойский и мезокайнозойский. При этом наиболее масштабные месторождения 3 и 5 типов, как подмечено многими исследователями [11 и др.], формировались в основном в докембрии, 1 типа — в рифее и раннем палеозое, 2, 4 и 6 типов — в позднем палеозое и мезозое в течение относительно длительных периодов времени, измеряемых первыми сотнями (в докембрии) и десятками (в фанерозое) миллионами лет, что обусловило многостадийность процессов рудообразования.

Крупным и уникальным редкометалльным месторождениям различных геологогенетических типов свойственны специфические локальные прогностические признаки. Они сходны с признаками, свойственными мелким и средним по запасам объектам того же типа, но характер проявления этих признаков у крупных и уникальных месторождений иной, а интенсивность и площадь их проявления несоизмеримо больше.

Локальные структурно-тектонические

прогностические признаки месторождений 1, 2, 4 и 6 типов базируются на приуроченности их к локальным (десятки, реже до первых сотен квадратных километров) кольцевым структурам внутри рифтовых систем. Породы кольцевых структур служат материнскими для месторождений редких металлов. При этом месторождения 1, 2 и 4 типов чаще локализуются внутри кольцевых структур, а месторождения 6 типа — как внутри, так и по периферии.

Отличительными особенностями месторождений этих типов являются более или менее равномерный вкрапленный и главным образом тонковкрапленный характер оруденения и то обстоятельство, что руды их нередко занимают сравнительно большой объем в массивах и телах материнских пород. Поэтому чем крупнее последние, тем масштабнее включенные в них месторождения. Отсюда следует локальный прогностический признак крупных и уникальных месторождений: большие до очень крупных размеры массивов и тел материнских пород и соответственно значительные размеры вмещающих массивы кольцевых структур. Уникальные месторождения находятся в весьма крупных массивах, достигающих на современном эрозионном срезе первых сотен квадратных километров (Араша, Ловозеро и др.). Кольцевые структуры, как правило, хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках.

Массивы материнских пород место-



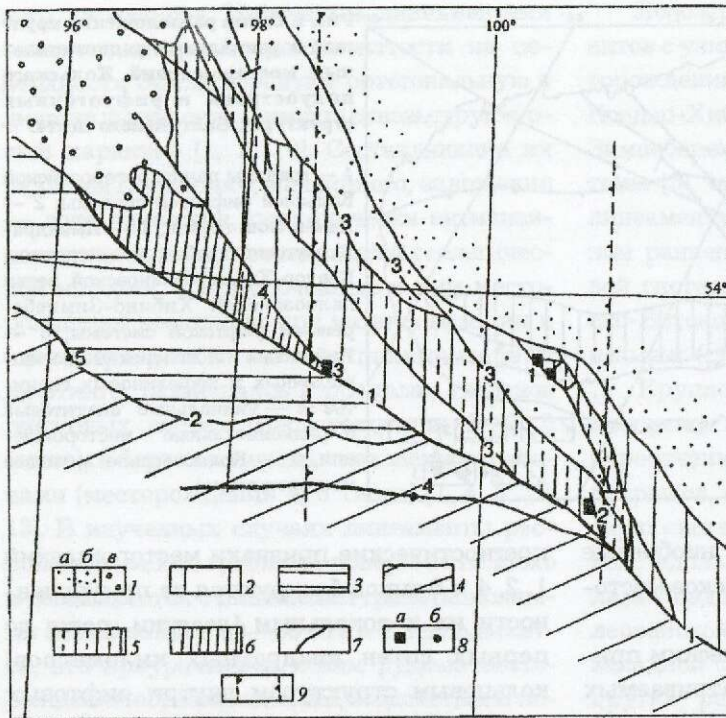


Рис. 2. Схема расположения крупных и уникальных редкометалльных месторождений Алтае-Саянской области в палеорифтовых системах и линсеаментах:

1 — чехол Сибирской платформы (а — палеозойский, б — рифейско-протерозойский, в — палеозойские отложения Рыбинской впадины); 2 — выступ края архейского фундамента платформы; 3 — байкалиты Урало-Монгольского складчатого пояса; 4 — каледониды пояса; 5 — Урикско-Ийский грабен протерозойской рифтовой системы; 6 — Агуло-Тагульский грабен палеозойской рифтовой системы; 7 — глубинные разломы (1 — Главный Саянский, 2 — Восточно-Саянский, 3 — разломы, формирующие протерозойскую рифтовую систему, 4 — разломы, формирующие палеозойскую рифтовую систему); 8 — редкометалльные месторождения (а — крупные: Белозиминское, Большетагинское (1), Гольцовое (2), Зашихинское (3), б — мелкие: Снежное (4), Арысканское (5); 9 — границы меридионального линсеамента 99—101° в. д.

рождений 1, 2, 4 и 6 типов (и соответствующие им кольцевые структуры) чаще приурочены к крутопадающим разрывам. Тела метаморфогенных щелочных метасоматитов, вмещающие месторождения 3 типа, локализуются в пологих разрывах, а месторождения 5 типа — пегматитовые, также контролирующиеся разрывами, располагаются в верхних (цезиевые месторождения) и средних (литиевые) горизонтах вертикальных разрезов пегматитовых полей.

Локальные геофизические факторы особенно информативны для месторождений 1—4 типов. Так, месторождениям 1 типа и материнским для них массивам свойственны

локальные интенсивные (на несколько порядков превышающие фоновые) положительные магнитные аномалии, образующие поля изометричной (при вертикальном залегании массивов) или овальной и линейной (при наклонном их залегании) формы, в общем случае коррелирующиеся с площадью массивов. Внутри поля высокой интенсивности обычно резко расчленены, что выражается в наличии относительных максимумов и минимумов. Кроме того, здесь отмечаются интенсивные локальные наземные и аэрогаммааномалии смешанной (урано-ториевой) или ториевой природы, обусловленные радиоактивными минералами в карбонатитах. Всем массивам ультраосновных щелочных пород с карбонатитами соответствуют положительные гравитационные аномалии, в общем совмещающиеся с аномалиями магнитного поля. Магнитные и гравитационные аномалии в отличие от аэрогаммааномалий не гасятся или почти не гасятся в случае, когда массив перекрыт осадочными породами, иногда значительной мощности (до 200 м и более).

Все эти аномалии резко выражены у крупных и уникальных и сравнительно незначительны у мелких и средних месторождений. Так,  $\Delta T$  над ийолитами колеблется в среднем от 350—1500 у мелких и средних и до 5000 у крупных месторождений. Интенсивность радиоаномалий над крупными карбонатитовыми месторождениями составляет 300—700 мкР/час над кальцитовыми и 900 мкР/час над анкеритовыми карбонатитами [7].

Для месторождений 2—4 типов харак-



терны слабо положительные (2 тип) или отрицательные (3, 4 типы) гравитационные аномалии и U-Th радиоаномалии. Радиоаномалии отличаются от аномалий, свойственных мелким месторождениям, большей интенсивностью, а от аномалий, связанных с урановыми месторождениями, — большими значениями  $Th/U (>3)$  и  $(Th_p+U_p)/K_p (>1)$ . Сочетание таких радиоаномалий с площадными отрицательными гравитационными — положительный прогностический признак для обнаружения крупных и уникальных месторождений 3 и 4 типов.

Месторождения 5 типа в геофизических полях отчетливо не проявлены. Но к их прогностическим признакам можно отнести локальные положительные магнитные аномалии над амфиболитами, в которых, как правило, залегают самые богатые и крупные месторождения этого типа [7, 11]. Над месторождениями иногда наблюдаются слабые (0,1—0,15 мГал) положительные гравитационные аномалии.

Гранитоидам, материнским для месторождений 6 типа, свойственны отрицательные, а скарнам и грейzenам слабые (в среднем 2,8 мГал) положительные гравитационные аномалии, причем над гранитами полевое, а над грейzenами и скарнами сильно дифференцированное.

Главные локальные литолого-петрографические прогностические признаки месторождений 1—4 типов — высокая щелочность руд и пород (коэффициент агпитности 1—1,2) и принадлежность к натриевой серии магматических и метасоматических образований [14], о чем, в частности, свидетельствует присутствие в породах и рудах натрийсодержащих минералов (альбита, эгирина, натриевых щелочных амфиболов). В связи со щелочными породами калиевой серии, в частности с породами основного состава, с калиевыми нефелиновыми и щелочными сиенитами месторождения литофильных редких металлов неизвестны [14]. К важным литолого-петрографическим прогностическим признакам относятся также высокая железистость руд и материнских для руд пород, с чем

связано присутствие в них богатых железом темноцветных минералов, и вертикальная (в месторождениях 1, 2, 4 типов) и латеральная (в месторождениях 3 типа) петрографическая зональность, обусловленная стадийностью формирования руд. В мелких и средних месторождениях этих типов в отличие от крупных коэффициент агпитности 0,9—1, натрийсодержащие минералы распространены спорадически, ниже содержание железа в темноцветных минералах, зональность проявлена слабо или отсутствует.

Для руд месторождений 1—4 типов характерен относительно высокий кислородный потенциал, что отражается прежде всего на видовом составе главных рудных минералов — тантало-ниобатов, представленных главным образом оксидами — пироксеном, колумбитом, фергусонитом и др. Руды относительно богаты фтором, с чем связано присутствие в них различных фторидов (гагаринита, флюорита, криолита и др.) и примеси этого элемента в темноцветных минералах. В рудах крупных месторождений содержание фтора выше, чем в мелких и средних (в среднем первые проценты, иногда и более), а видовой состав тантало-ниобатов и фторидов гораздо разнообразнее (табл. 1, 2).

В прогностическом отношении важны также петрофизические свойства вмещающих месторождения, особенно 4 и 6 типов, пород, в частности их плотность, пористость и трещиноватость. Для первых благоприятны над массивами щелочных гранитов плотные хорошо экранирующие породы, химически отличные от гранитов (диабазов, габбро, диоритов и т.п.), для вторых — известняки и мраморы в надынтуризационных зонах. Для литиевых пегматитов благоприятны вмещающие породы основного состава — амфиболиты, а для месторождений 3 типа — пористые однородные по петрофизическим свойствам и химическому составу алюмосиликатные гнейсы и зеленые сланцы, а также милониты и катаклазиты. Так, на Катугинском месторождении, относящемся к 3 геолого-генетичес-



1. Видовой состав и среднее массовое содержание (%) редкометаллических и аксессуарных минералов в рудах уникального Катунинского (1) и мелких Полярноуральских (2) месторождений в щелочных метаморфогенных метасоматитах

Минералы	1	2	Минералы	1	2	Минералы	1	2
Колумбит	0,02 (2)	0,03	Флюорит	0,37 (3)	0,06	Чевкинит	+	—
Пирохлор	0,63 (6)	0,08 (2)				Сфен	+	0,06
Эльсворит	—	0,05	Гагаринит	0,068	—	Астрофиллит	+	—
Фергусонит	0,001	0,16 (3)	Флюоцерит	0,004	—	Гадолинит	+	+
Эвксенит	+	—	Нейборит	0,001	—	Роуландит	+	—
Бломстрандин	+	—	Криолит	2,05	—	Торит	+	0,062
Магнетит	0,102	0,16	Веберит	+	—	Верилл	+	—
Ильменит	0,21	+	Прозопит	+	—	Молибденит	0,009	—
Ильменорутил	0,001	—	Геарксутит	+	—	Сфалерит	0,006	—
Гематит	+	0,06	Томсенонит-пахнолит	+	—	Галенит	0,003	0,08
Лимонит	+	+	Ральстонит	+	—	Пирит	—	—
Вольфрамит	+	+	Хиолит	+	—	Арсенопирит	+	—
Касситерит	—	0,06	Сидерит	0,005	—	Пирротин	+	—
Манганит	+	—	Циркон	1,57 (5)	0,69 (2)	Оргит	+	0,02
Апатит	0,001	0,01	Монацит	0,09	+	На-ярозит	+	—
Суммарное содержание							5,34	1,92
В том числе минералы (+)							0,2	0,2

Примечание. В скобках количество генераций.



**2. Среднее массовое содержание (%) главных рудных компонентов в уникальном Катутинском (1) и мелких Полярноуральских (2) месторождениях в метаморфогенных щелочных метасоматитах**

Оксиды	1				2	
	Балансовые руды		Забалансовые руды		Тайкеусское	Усть-Мраморное
	редко-металльные	редко-земельные	редко-металльные	редко-земельные		
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,026	0,003	0,02	0,003	0,015	0,016
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,347	0,046	0,323	0,044	0,22	0,165
ZrO <sub>2</sub>	1,57	0,28	1,09	0,29	0,48	0,73
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,348	0,591	0,238	0,618	0,11	0,074
В том числе Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,19	0,25	0,072	0,224	0,039	0,07
F	Среднее по месторождению 1,99				Среднее по месторождению 1,02	

кому типу, в процессе метасоматического преобразования пород субстрата гнейсы и мезо- и меланократовые сланцы замещены практически нацело, а в диабазах метасоматоз проявился на глубину всего 0,5—1 см.

Минералогическим прогностическим признаком крупных и уникальных месторождений всех геолого-генетических типов служат разнообразие видового состава комплекса рудных и акцессорных минералов и их суммарное содержание. В мелких и средних месторождениях этот комплекс беден минеральными видами, к тому же представленными 1—2 генерациями каждого минерала, и характеризуется относительно убогим их содержанием. Минеральный состав руд крупных и уникальных месторождений гораздо разнообразнее, отличается присутствием многих (до шести) генераций рудных и акцессорных минералов и высоким суммарным их содержанием (см. табл. 1).

Крупные и уникальные месторождения всегда комплексные, многостадийные. О многостадийности их формирования свидетельствует не только зональное строение, но и внутренняя неоднородность кристаллов «сквозных» рудных и акцессорных минералов (пироклора, циркона и др.), структурные дефекты в них, микроблочность и зональность, фиксирующие последовательность отложения и переотложение вещества. Все эти явления выражены слабо

или практически отсутствуют в кристаллах минералов руд средних и мелких месторождений.

В крупных и мелких месторождениях обычно присутствуют одинаковые группы породообразующих и акцессорных минералов-индикаторов редкометалльного оруденения, но химический их состав различается. Например, в рудах мелких месторождений в группе амфиболов вместо железистого рибекит-арфведсонита, типичного для крупных месторождений 3 и 4 типов, присутствует значительно менее щелочной и менее железистый гастингсит (Полярноуральские месторождения), а апатит практически не содержит примеси редких земель, как в крупных месторождениях.

Из геохимических прогностических факторов главными являются своеобразие перечня и содержание рудных элементов и элементов-индикаторов оруденения в породах, породообразующих, акцессорных минералах и минералах-концентраторах, а также индикаторные отношения этих элементов (Rb/K, Hf/Zr, Ta/Nb и др.). Для пегматитовых месторождений типоморфные элементы — это Li, Cs, Rb, Be, В, Та, Nb, Zr, для месторождений в щелочных гранитах — Та, Nb, Zr, REE, Y, U, Th, Be, Li, Rb, Mo, Pb, Zn и т.д. Перечень элементов, типоморфных для уникальных и крупных месторождений разных генетических типов, шире, чем для мелких и средних, а



их содержания в несколько раз больше и превышают кларковые на порядок и более. Содержания главных рудных элементов в крупных месторождениях могут в 100 и более раз превышать кларковые, а в мелких и средних ниже, чем в крупных, в несколько раз (см. табл. 2). Руды крупных месторождений всех геолого-генетических типов значительно богаче мелких и средних объектов одинакового с ними типа F, CO<sub>2</sub>, Cl, S и другими летучими элементами.

В минералах руд крупных месторождений в несколько раз больше, чем в тех же минералах мелких объектов, элементов-примесей, типоморфных для редкометального оруденения (Li в слюдах, Rb в калиевых полевых шпатах и т.д.), и выше индикаторные отношения элементов.

Своеобразные литолого-петрографические и минерально-геохимические особенности руд и пород уникальных и крупных эндогенных месторождений литофильных редких металлов обуславливают наличие наблюдаемых в связи с ними щлиховых, первичных и вторичных литогеохимических ореолов Nb, Zr, La, Y, Ce, U, Th, Li, Rb, Be и других элементов с относительно высокими содержаниями минералов и элементов, специфичных для коренного месторождения.

У крупных и уникальных месторождений геохимические ореолы, как правило, площадные, совмещенные, практически не выходящие за пределы рудных тел, а щлиховые характеризуются значительными содержаниями не только рудных, но и сопутствующих минералов. Каждый элемент мелких и средних по масштабам месторождений образует узкие слабоинтенсивные ореолы, изолированные или лишь частично совмещенные, а в щлиховых ореолах содержания устойчивых в условиях гипергенеза рудных и аксессуарных минералов убогие.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архангельская В.В.* Линеаментная минерагения СССР. — М.: Недра, 1990.
2. *Архангельская В.В.* Структурное положение крупных месторождений формации щелочных редкометальных метасоматитов // Отечественная геология. 1995. № 7. С. 7—17.
3. *Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений / М.А.Фаворская, И.Н.Томсон, В.А.Баскина и др.* — М.: Недра, 1974.
4. *Грачев А.Ф.* Рифтовые зоны Земли. — Л.: Наука, 1977.
5. *Магматизм и металлогения рифтогенных систем восточной части Балтийского щита / А.Д.Щеглов, В.Н.Москалева, Б.А.Марковский и др.* — СПб.: Недра, 1993.
6. *Марин Ю.Б., Гавриленко В.В.* Основные факторы возникновения ассоциирующих с магматизмом редкометальных крупных и уникальных месторождений (КУМ) // Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов: Тез. докл. 1-го Междунар. симпозиума. 1996. С. 29—30.
7. *Методические рекомендации по проведению поисковых и поисково-оценочных работ на тантал, ниобий и сопутствующие им иттрий и редкоземельные элементы / В.С.Кудрин, Л.Г.Фельдман, А.А.Шугин и др.* — М.: ВИМС, 1992.
8. *Минеральные ресурсы России / Гл. ред. В.П.Орлов.* — М.: Научный мир, 1997. Вып. 3.
9. *Опыт составления прогнозно-минерагенических карт на глубинной геодинамической и геолого-геофизической основе / Отв. ред. В.А.Амантов.* — СПб.: ВСЕГЕИ, 1998.
10. *Ротанков Ю.С.* Мелкомасштабное структурно-геохимическое дешифрирование при поисках месторождений полезных ископаемых // Отечественная геология. 1996. № 3. С. 51—54.
11. *Солодов Н.А.* Условия образования самых крупных и богатых магматогенных месторождений редких металлов // Геология рудных месторождений. 1997. № 5. С. 10—18.
12. *Томсон И.Н.* Рудные районы рифтогенных металлогенических зон фанерозоя // Геология рудных месторождений. 1999. Т. 41. № 3. С. 214—229.
13. *Щеглов А.Д., Говоров И.Н.* Нелинейная металлогения. — М.: Недра, 1985.
14. *Щелочные породы / Е.Д.Андреева, В.А.Кононова, Е.В.Свешникова и др.* // Магматические горные породы. М., 1984. Т. 2.



## ДИСКУССИИ

### О КАРЛИНСКОМ ТИПЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА — ПРИГЛАШЕНИЕ К ДИСКУССИИ (ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА)

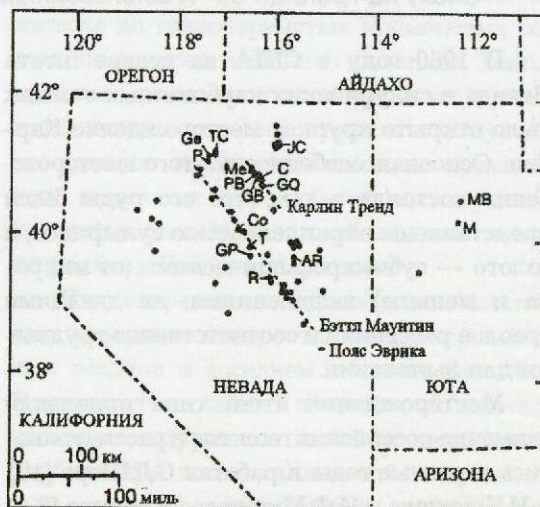
Открытие в начале 60-х годов на севере штата Невада (США) специфического по строению месторождения Карлин и затем целого ряда подобных золоторудных объектов, а также их успешная отработка с применением новейших технологий, вызвали интерес у геологов, занимающихся металлогенией и рудной геологией. Появился и прочно вошел в употребление термин «месторождения карлинского типа», к которому относились объекты с рассеянно-вкрапленной золоторудной минерализацией (субмикроскопическое золото в сульфидах, в меньшей степени свободное), локализуемой в слабоизмененных (декальцификация, окремнение, аргиллизация) существенно карбонатных породах шельфовых фаций и образующей субсогласные рудные залежи.

На сегодняшний день в этом крупнейшем горно-рудном районе известно более 40 месторождений золота (рисунок), эксплуатация которых обеспечивает большую часть золотодобычи США. Так, в 1998 г. на предприятии Карлин было добыто 49 т золота, Бетце Пост — 46,6 т, Кортес (Пайплайн) — 35,4 т, Твин Крикс — 29,1 т, Мейкл — 26, 3 т.

В связи с открытием и изучением новых месторождений произошла определенная трансформация понимания термина «месторождения карлинского типа». Кроме типичных стратиформных объектов, обнаружены жилородные зоны с высокими содержаниями золота и интенсивным околорудным изменением, штокверковые рудные залежи, а также различные пространственные сочетания этих типов минерализации.

В последние годы появились многочисленные публикации и обобщающие работы,

касающиеся тектонической позиции, возраста и условий формирования месторождений этого по своему уникального золоторудного района. В частности, все большее подтверждение находит гипотеза о пространственно-временной связи золотой минерализации с магматизмом эоцен-олигоценового плутонического пояса (42—30 млн. лет) и образовании месторождений в результате циркуляции глубинных флюидов, метеорных вод и их смешивания. Вместе с тем целый ряд вопросов по геологии, типизации, геодинамическим условиям



Местоположение золоторудных месторождений карлинского типа в западной части Соединенных Штатов, по Hofstra et al., 1998:

месторождения: AR — Аллигатор Ридж, С — Карлин, Со — Кортес, GB — Дженезис Влостар и Вист, Ge — Гетчел, GP — Голд Пик, GQ — Голд Кворри, JC — Джерритт Каньон, М — Меркур, МВ — Мелко и Барнейс Каньон, Me — Мейкл, Р — Пинсон, PB — Пост-Бетце, R — Растлер и Виндфул, Т — Тонкин Спрингс, TC — Твин Крикс; пунктирные линии — Карлин-тренд и пояс Бэтти Маунтин Эврика



формирования, закономерностям локализации и обстановкам нахождения, моделям рудообразования и особенно созданию поисковых и оценочных моделей и комплекса методов с целью прогноза, поисков и оценки «месторождений карлинского типа» не получил достаточно подробной и обоснованной характеристики. Поэтому представляется целесообразным обсуждение на стра-

ницах нашего журнала перечисленных направлений. Кроме того, значительный интерес вызывает оценка перспектив территории России на обнаружение «месторождений карлинского типа». Хотелось бы надеяться, что геологи, занимающиеся прогнозом и изучением золоторудных месторождений, примут участие в обсуждении этой важной проблемы.

УДК 553.411 (47+57)

© М.М.Константинов, 2000

## **ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА КАРЛИН И КРИТЕРИИ ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ**

**М.М.Константинов (ЦНИГРИ МПР России)**

*Охарактеризованы месторождения карлинского типа в США, представленные стратифицированными залежами вкрапленных руд с тонкодисперсным золотом. Показано, что месторождения имели длительную историю формирования, а первоначальное накопление металла происходило в кембрийскую эпоху на границе эв- и миогеосинклинальных систем.*

В 1960 году в США на севере штата Невада в силурийских карбонатных толщах было открыто крупное месторождение Карлин. Основная особенность этого месторождения состояла в том, что его руды были представлены вкрапленностью сульфидов, а золото — субмикроскопическими (от микрона и меньше) выделениями, не дающими ореолов рассеяния и соответственно трудными для выявления.

Месторождения этого типа привлекли внимание российских геологов и рассматривались в разные годы в работах С.Д.Шера [10], А.И.Кривцова и И.Ф.Мигачева [5], автора [2, 3, 4] и др. В.И.Найборodin, В.М.Мерзляков и А.А.Сидоров указывают на возможность обнаружения месторождений этого типа на Северо-Востоке России [6]. За последние десятилетия получено много новых данных о подобных месторождениях и условиях их образования. Соответственно могут быть определены и новые подходы к прогнозированию месторождений карлинского типа в различных регионах России.

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

Очевидно, что месторождения карлинского типа — крупный резерв золотодобывающей промышленности. Критерии их прогнозирования рассмотрены ниже.

Пояс золото-арсенидных месторождений шт. Невада, по представлениям П.Джоралемона, высказанным еще в 1951 г. [13], протягивается в близмеридиональном направлении на 960 км; в его пределах расположено более 20 месторождений с тонкодисперсным золотом. Следует отметить отчетливую геотектоническую позицию пояса — положение в краевой части палеозойской эвгеосинклинали на границе с миогеосинклиналью и в пределах устойчивого в палеозое геантиклинального поднятия, разделяющего эти структуры. В то же время, обнаружи-



вая такую отчетливую связь с древними структурами, золото-арсенидный пояс почти по оси рассекает третичную вулканическую провинцию Бассейнов и Хребтов. Такое его положение закономерно связано со структурами глубокой проницаемости и возможностью отдаленной транспортировки глубинных рудоносных флюидов, что обеспечивается как по глубинным пограничным структурам, так и по сопряженным с ними новейшим структурам сводообразования.

Общими особенностями золоторудных месторождений пояса являются: наличие мышьяка, высокое золото-серебряное отношение (1:1—1:10), площадные геохимические аномалии мышьяка и бария. Рудные тела представлены залежами пластообразной формы с рассеянной и прожилковой минерализацией. Средние содержания золота 1,6—3,2 г/т, максимальное — 10—30 г/т.

Помимо пирита, реальгара, арсенопирита и золота месторождения содержат небольшое количество антимонита и киновари, а также сульфосоли серебра. Основные жильные минералы — кварц, барит, флюорит, кальцит. Общее количество сульфидов редко превышает 5%. Близость вещественного состава руд месторождений сохраняется, несмотря на большое разнообразие вмещающих пород — сланцы, аляскиты, андезиты, риолиты, известняки и известковистые сланцы. Золото чрезвычайно мелкое (тысячные доли микрометра на большей части месторождений). Устанавливаются интенсивное замещение карбонатов вмещающих пород кремнеземом, привнос Fe, Ba, As, Hg, Sb, Pb, Zn, Cu, W, Au, Ag и S.

К настоящему времени выявилась концентрация месторождений в двух зонах северо-северо-восточного простирания: трендах Карлин и Кортес, диагональных общему простиранию пояса. 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. Месторождения с запасами менее 7,8 т в районе

не учитываются. Это связано с экономическими ограничениями минимальных запасов, рентабельных для отработки. Распределение месторождений с запасами от 7,8 до 93,3 т Au подчиняется логнормальному закону. Объекты с запасами более 93,3 т Au не обнаружены, что обусловлено геологическими факторами и также объясняется параболической кривой распределения запасов.

О.Д.Христенсен [11] отметил значение стратиграфического контроля в размещении золотого оруденения карлинского типа, которое приурочено к верхней части среднесилурийской — верхнедевонской формации Робертс Маунтинс. История развития региона представляется этому автору следующей. В раннем палеозое область Восточной Невады была приурочена к пассивному западному краю Северо-Американского континента. Отложение мощной толщи осадков происходило вдоль зоны шельфа и континентального склона: состав пород варьирует от континентально-шельфовых карбонатных пород на востоке до тонкозернистых кремнистых обломочных пород и сланцев на западе. Тектоническая деятельность в пределах раннемиссисипского орогена привела к тому, что ассоциация эвгеосинклинальных кремнистых осадочных пород была надвинута на миогеосинклинальные карбонатные толщи по разлому Робертс Маунтинс.

Подъем региона сопровождался частичным размывом и переотложением кремнистых осадков в соседнем тыловом бассейне. Возникли три главных элемента геологической архитектуры: автохтонные шельфовые карбонатные толщи, аллохтонные кремнистые осадки и грубозернистый кластический материал. В позднемезозойское время плутоническая деятельность была сопряжена с куполообразованием и складчатостью осадочных пород. Комплекс карбонатных пород обнажен в нескольких эрозионных окнах, а юрско-меловой гранодиоритовый штوك — в окрестностях рудника Пост. Третичные штроки и дайки среднего состава широко распространены, но почти не выходят на дневную поверхность. Современная топография опре-



деляется широким развитием кайнозойских разломов возрастом около 17 млн. лет. Возраст золотой минерализации фиксируется нечетко: максимальный в 145 млн. лет устанавливается по минерализованным гранодиоритам интрузива Голдстрайк; минимальный в  $\approx 5$  млн. лет фиксируется по присутствию рудокластов с золотом в плиоценовой толще аллювиальных конгломератов, перекрывающих месторождение Голд Куорри. Наиболее вероятен средне-поздне-третичный возраст золотой минерализации.

Рудные тела месторождения Карлин находятся в верхней части свиты Роберт Маунтинс раннесилурийского возраста и размещаются в первой сотне метров ниже надвига Роберт Маунтинс. [12, 14, 15]. Золото неравномерно рассеяно по пластам карбонатных пород. Минерализация, сопутствующая золотому оруденению, представлена кварцем, баритом, реальгаром, пиритом, антимонитом, киноварью, сфалеритом и галенитом. Золото присутствует как самородный металл, а также, возможно, в виде элементоорганических соединений. Устанавливается такая последовательность минералообразования: рассеянный кварц, пирит, Au, 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 в высокоуглеродистых рудах высокая корреляция устанавливается 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 рудничной разведки и отработки месторождения показали чрезвычайную 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 Голд Куорри начались в 1985 г., кучное выщелачивание — в 1986 г. Главное рудное тело разрабатывается карьером, который достигает длины 1830 м, ширины 1220 м и глубины 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 табличчатой 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°.

Распределение метасоматических изменений, как и золота, связано с крутопадающими разрывами и трещинами. Самый распространенный тип изменений — окварцевание; проявлено несколько стадий окварцевания и брекчирования. Привнос кремнезема привел к преобразованиям пород, состав которых варьирует от относительно неизмененных алевролитов до существенно



кремнистых образований, содержащих более 97% кремнезема. За главным этапом окварцевания последовали аргиллизация и алуинитизация; локальная баритизация часто отмечается в основной зоне, особенно вблизи крупных разрывов. Большое значение, особенно в технологическом аспекте, имеют гипергенные изменения. Первичные неокисленные углеродистые руды наблюдаются на глубине более 120—200 м от дневной поверхности.

Легкообогатимые типы руд приурочены к верхней части основного рудного тела. Они состоят из окисленных аргиллит-алевролитов. Металлическое золото присутствует в виде тонких (1—10 мкм) частиц в глинистых интерстициях между зернами кварца. Металлическое золото и золотоносные сульфиды встречаются также в окремнелых алевролитах, в ассоциации с кварцем, в котором они заполняют тонкие трещины. Большую часть составляют кремнистые упорные руды, требующие тонкого измельчения. В них тонкая субмикрометрическая вкрапленность металлического золота или золотоносных сульфидов заключена в непроницаемый матрикс микрокристаллического кварца, халцедона, кремня или аморфных форм опалового кремнезема. Изучение под микроскопом показало, что во многих кремнистых породах поры размером от микрометра до субмикрометров заполнены поздними формами кремнезема, препятствующими прохождению раствора цианида к тонким включениям золота.

По мере выявления новых однотипных месторождений мотив приуроченности оруденения к лежащему боку регионально надвига исчезает, и все более выступает приуроченность оруденения к сопряженным углисто-глинисто-карбонатной и известково-алевролитовой пачкам силурийского возраста, заключенным в активизированных блоковых структурах.

В третичное время территория шт. Невада была разбита крутопадающими сбросами на серию неравномерно приподнятых блоков. Эрозия поднятых блоков привела к размыву пород верхней пластины и образо-

ванию окон, в которых обнажались толщи нижней пластины. Район Джери Каньон — один из таких эродированных приподнятых блоков, где рудником Белл отработывается пять минерализованных площадей, разбуренных до 3300 м в длину и 1200 м в ширину. Минерализация в этих областях стратифицирована и залегает только в благоприятных горизонтах. Отдельные рудные тела в плане непротяженны и тяготеют к пересечениям сбросов с благоприятными горизонтами. Мощность рудных тел увеличивается вблизи сбросов и уменьшается по мере удаления, с погружением рудоносного горизонта.

Установлены два типа руд — углеродистый и оксидный, что характерно и для других однотипных месторождений штата с дисперсным золотом. Углеродистые руды — это темно-серые до черных пиритизированные алевро-карбонатные или карбонатно-алевритовые сланцы, содержащие до 30 г/т Au. Породы повсеместно окремнены. Свободное золото в углеродистых рудах не обнаружено. Оксидные руды аналогичны углеродистым, но в целом они имеют более светлую окраску и содержат меньше углеродистого вещества. Такие руды формируются, вероятно, за счет углеродистых под действием грунтовых вод или поздних стадий гидротермальных флюидов. Выделение двух типов руд целесообразно с экономической точки зрения, поскольку углеродистые руды требуют окисления для нейтрализации углеродистого вещества, без чего невозможно полное извлечение золота.

Выделения свободного золота, наблюдаемые в рудах под электронным микроскопом, в большинстве случаев менее 1 мкм в диаметре, иногда до 4 мкм, а во многих случаях — меньше разрешающей способности электронной техники. Размер частиц золота не позволяет фиксировать его при шлиховой съемке. С золотом ассоциируют, в порядке устойчивости связей, реальгар, аурипигмент, арсениопирит и киноварь. Первые три арсенида приурочены к кальциту или заключены в трещинках, пересекающих углеродистые руды, но не устанавливаются в окисленных рудах. Киноварь присутствует в обоих типах



руд. Антимонит, барит и кварц обнаруживаются в виде кристаллов в жилках и открытых трещинах, пересекающих джаспериоиды вблизи рудных тел. Эти минералы сформировались, вероятно, в поздние стадии минерализации.

Важно отметить переотложение углеродистого материала из горизонтов в сбросы, где он в виде маслянистых черных графитистых и углистых масс образует плитообразные, явно эпигенетичные тела. Как следствие ремобилизации в окружающих породах концентрации углеродистого вещества падают. Переотложение углерода и общий дефицит кальцита в породе обычно бывают связаны с рудной минерализацией, поскольку обусловлены единым гидротермальным процессом. Переотложение углерода — химически обычно весьма активный процесс, при котором золото, вероятно, может переноситься в цианидном растворе, поэтому на наличие таких переотложенных в трещины углеродистых образований нужно обращать особое внимание при прогнозировании.

Наряду с крупнообъемными месторождениями, пригодными для открытой отработки, выявлены богатые рудные залежи, примером которых служит самое богатое на сегодня в США месторождение Мейкл. Месторождение 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 Робертс Маунтинс. К рудовмещающим породам относится также дайка лампрофиров. Рудные тела представляют собой изогнутые плитообразные зоны вкрапленной сульфидной минера-

лизации. 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, и поэтому 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 (микронными) выделениями золота в сульфидах;

наличием низкотемпературной сурьмяно-мышьяково-ртутной минерализации в ассоциации с аргиллизитами.

В России и бывшем СССР выявлена большая группа месторождений с тонкодисперсным золотом в сульфидах (Майское, Даутыз, Олимпиада, Кокпатас и др.), относимых нами к золото-мышьяковисто-сульфидной формации.

Наиболее близким карлинскому типу, возможно, его метаморфизованным аналогом, является месторождение Олимпиада на севере Енисейского кряжа. Месторождение представлено прожилково-вкрапленными пирит-арсенопиритовыми упорными рудами с тонкодисперсным золотом, заключенными в пачке перемежающихся кристаллических сланцев и мраморов. Рудное тело в целом конформно этой пачке, маркирующей сложнопостроенную складчатую структуру.

Выше была отмечена приуроченность невадийского близмеридионального пояса вкрапленных золото-арсенидных месторождений к области смены фаций эвгеосинклинального и миогеосинклинального режимов развития, разделенных валлообразным



поднятием в ордовик-кембрийское время, когда формировалась рудовмещающая формация. Анализ многочисленных литературных источников, а также результаты личного изучения ряда месторождений позволяют наметить три этапа формирования руд:

накопление первично-осадочных или гидротермально-осадочных руд вдоль зоны глубинного разлома, разделяющего мегаструктуры с эв- и миогеосинклинальным режимом развития;

внедрение в ларамийское время вдоль этой зоны интрузивных штоков и частичная перегруппировка рудного вещества с образованием небольших золото-скарновых месторождений;

образование в третичное время протяженных зон трещиноватости северо-западного простирания, диагональных простиранию пояса (тренды Карлин и Кортес), и формирование мощных зон аргиллизитов с наложенной ртутно-сурьмяной минерализацией, сопровождавшейся переотложением золота вдоль зон метасоматоза и их частичным обогащением.

В последнее время появились дополнительные обоснования этой точки зрения. В фундаментальном исследовании Теда Теодора и Гейла Джонса (1992 г.) среди тонко- и криптористаллических структур джаспероидов под электронным микроскопом определены коллоидальные выделения кремнезема (опалина), имеющие сфероидальное ритмично-колломорфное строение. Видна последовательная перекристаллизация опалина в халцедон и кварц, причем отдельные золотины микронного размера окаймляют опалиновые стяжения. На основании детального изучения стабильных изотопов S, O, D и флюидных включений рудных джаспероидов, барита, кальцита, пирита, реальгара и аурипигмента группой авторов показано, что процесс рудообразования может быть описан моделью смешения нагретых метеорных вод глубокой циркуляции, богатых  $H_2S$  и экстрагирующих золото из подстилающих пород с переводом его в форму  $Au(HS)_2-1$ , с метеорными водами

и окисным железом рудовмещающей толщи, что сопровождается образованием пирита и одновременным осаждением дисперсного золота по реакции:  $Au(HS)_2-1 + FeO + H^+ = FeS_2 + Au + H_2O + 1/2H_2$ . Привнес каких-либо эндогенных компонентов в этот период отсутствовал.

Основными прогнозно-поисковыми критериями и признаками оруденения карлинского типа, исходя из изложенных выше данных, 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 флишоподных и турбидитовых комплексов.

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

4. Наличие горизонтов 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 геохимическая съемка, однако для выявления неэродированных частей рудоносной формации необходимы поисковое бурение и специальные палеотектонические и литолого-фациальные реконструкции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. Т. XXX. Кн. 11. — М.: Недра, 1970.
2. Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. — М.: Недра, 1984.
3. Константинов М.М. Провинции благородных металлов. — М.: Недра, 1991.
4. Константинов М.М. Новые и перспективные типы золоторудных месторождений // Руды и металлы. 1995. № 2. С. 18—27.
5. Криецов А.И., Мигачев И.Ф. Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. — М.: ЦНИГРИ, 1997.
6. Найборodin В.И., Мерзляков В.М., Сидоров А.А. К возможности обнаружения на Северо-Восто-



- ке СССР золоторудных месторождений нового генетического типа // Колыма. 1972. № 7. С. 37.
7. Мерзляков В.М. Стратиграфия и тектоника Омuleвского поднятия // СВКНИИ СО АН СССР. 1971. Вып. 19.
  8. Тильман С.М. Рифейская и палеозойская история Северо-Востока СССР // СВКНИИ СО АН СССР. 1975. Вып. 68. С. 9—18.
  9. Шарковский М.Б. Тектоника Колымо-Индиго-ского междуречья // Геотектоника. 1975. № 6. С. 44—61.
  10. Шер С.Д. Металлогения золота. — М.: Недра, 1972.
  11. Christensen O.D. Stratigraphic controls on gold mineralization Carlin Trend, Nevada // World Gold-89, Charter 15. P. 130—135.
  12. Flüh R.P. and Mark D. Barton. An amagmatic Origin of Carlin-Type Gold Deposits // Econ. Geol. 1997. Vol. 92. N 3. P. 269—283.
  13. Joralemon P. The occurrence of gold at the Getchell mine, Nevada // Econ. Geol. 1951. Vol. 46. P. 267—310.
  14. Radtke A.S., Rye R.O. and Dickson F.W. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposits, Nevada // Econ. Geol. 1980. Vol. 75. P. 641—672.
  15. Roberts R.J., Radtke A.S. and Coats R.R. Gold-bearing deposits in northcentral Nevada and southwestern Idaho // Econ. Geol. 1971. Vol. 66. P. 14—33.

УДК 553.411.071

© В.П.Федорчук, 2000

## О ГЕНЕЗИСЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРЛИНСКОГО ТИПА

В.П.Федорчук (ВИЭМС МПР России)

Месторождения карлинского типа, в рудах которых преобладает дисперсное золото, ассоциирующееся в слабо измененных доломитизированных породах с ртутной и мышьяковой минерализацией, образуют в Неваде (США) зону протяженностью более 60 км при ширине до 5 км. Зона контролируется системой глубинных разломов северо-западного простирания. В ее пределах выявлено более 40 месторождений с общими запасами золота около 3,1 тыс. т. Из них 1,25 тыс. т сосредоточено в пяти месторождениях рудного поля Баррик Голдстрайк, расположенного на северном фланге Карлинской зоны. Здесь же в последние годы было обнаружено более 10 золоторудных проявлений принципиально нового типа, по мнению авторов рецензируемой статьи\*, — сингенетичных, осадочно-эксталяционных, представленных субсогласными залежами в

практически не измененных девонских отложениях. Ниже приводится сравнительная характеристика месторождений этого (Sedex) и хорошо изученного карлинского типов.

Руды месторождений карлинского типа (МКТ) имеют очень простой минеральный состав: As- и Au-пирит, в подчиненном количестве реальгар, аурипигмент, арсенипирит, киноварь; руды месторождений седокского типа (МСТ) — более сложный: барит, сфалерит, пирит, галенит, буланжерит, тетраэдрит, халькопирит, самородное золото.

Для МКТ характерны декальцитизация, аргиллизация, сульфидизация, окварцевание, для МСТ — слабая доломитизация и еще более слабое окварцевание.

Выстраиваются следующие геохимические ряды: для МКТ — As(1,2%)>>Sb(630) (здесь и далее по тексту в ч./млн) >Au(310)>Tl(100)>Ag(50)>Hg(30)>W(30)±Te(15); отношение Au/Ag=5/>300; для МСТ (по данным анализа 815 керновых проб из 33 скважин на 48 элементов) — Ba(41%)>Zn(21%)>>Pb(1,0%)>

\* Poul Emsbo, Richard W. Hutchinson, Albert H. Hofstra, Jeffrey A. Volk, Keith H. Bettles, Gary J. Baschuk, Graig A. Johnson. Syngenetic Au on the Carlin trend: Implications for Carlin-type deposits // Geology. 1999. 27. № 1. P. 59—62.



>Cd(0,23%)>Cu(0,2%)>Sb(1300) >As(800)>  
>Hg(800)>Ag (150) >Au(68)>Tl(50)±Ni(600);  
отношение Au/Ag=0,003/2. В первом случае пирит содержит до 3700 ч./млн Au и 10% As, концентрация цветных металлов и никеля низкая; во втором — не более 1% As и до 1000 ч./млн Au, однако концентрация цветных металлов никеля и марганца высокая.

В МКТ практически все золото связано с пиритом, где оно образует субмикроскопическую вкрапленность преимущественно по плоскостям спайности и трещинам или изоморфно входит в его кристаллическую решетку. В МСТ самородное золото присутствует в виде вкрапленников разного размера в барите, сульфидах цветных металлов и вмещающих их аргиллитах.

Средние значения  $\delta^{34}\text{S}$  в барите МКТ 15‰, МСТ 26—31 (в конкрециях 38—51‰; в пирите в первом случае 5—18, во втором от -5 до -19‰; в реальгаре МКТ 5—12‰, в сфалерите МСТ 12—18‰.  $\delta^{18}\text{O}$  в барите МСТ колеблется в пределах 12,9—16,9‰, что соответствует пластовым синседиментационным залежам девонского барита Невады и позднедевонским сульфатам, отложившимся из палеозойской воды; в конкреционном барите  $\delta^{18}\text{O}$  равно 22—23‰.

Сфалерит из МСТ содержит флюидные включения, гомогенизирующиеся при температуре 275—200°C; их соленость 9—29% NaCl. В составе флюидов  $\text{H}_2\text{S}$  преобладает над  $\text{SO}_4$ . Сфалерит локализующийся в зебровидных доломитах месторождения Мейкле, отличается низким (<1%) содержанием железа и высоким отношением Zn/Pb.

Главное различие МКТ и МСТ — их абсолютный возраст. Первые формировались в среднетретичное время (<39 млн. лет), тогда как вторые — в среднем — позднем девоне (около 300 млн. лет).

Авторы рецензируемой статьи полагают, что образование МСТ происходило в три этапа: 1) подготовительный (средний девон) — возникновение глубинных краевых разломов, разделивших два блока осадконакопления — маринный (сланцево-

кремнисто-базальтоидные фации с сингенетичным сульфидно-баритовым оруденением) и оксидно-континентальный (карбонатно-шельфовые фации); 2) раннерудный (средний девон) — появление серии дополнительных разломов, разделивших шельфовую зону карбонатного осадконакопления на изолированные бассейны лагунного типа с окислительными условиями осадочно-эксталяционного рудогенеза; 3) основной рудный (средний — поздний девон) — отложение глинистых осадков и проникновение в них флюидов с  $\text{H}_2\text{S}$ , Ba, Au, Zn, Pb, Ag, Hg, Cu, Sb, участвовавших в образовании барит-сульфидных залежей с рудными телами трех типов: согласных внутрiformационных полосчатых (метасоматических в доломитах), согласных межформационных джаспероидных (под глинистым экраном), штокверково-трубчатых (в приразломных зонах дробления). Рудообразующие флюиды циркулировали как по вертикали вдоль разломов, так и по латерали по слоям литологически благоприятных пород, преимущественно доломитов, характеризующихся тем, что возникающие в них трещины расслоения длительное время оставались в приоткрытом состоянии и лишь в конце процесса залечивались жильным и рудным материалом.

В отношении МКТ предполагается, что они имеют гидротермальный (телетермальный) генезис и формировались при участии низкотемпературных растворов. Источником золота, по мнению авторов рецензируемой статьи, служили залежи МСТ. Промышленное значение последних пока неясно, однако обнадеживает факт наличия обогащенных (15,5—68,4 г/т Au) рудных линз, вскрытых на месторождениях Мейкле и Бетзе (хребет Робертс).

Комментарии. Золоторудные месторождения карлинского типа приобретают во всем мире все более важное промышленное значение. Кроме США, они, например, успешно эксплуатируются в Юго-Восточном Китае, выявлены в Таджикистане, Узбекистане и Киргизии. В Российской Федерации обнаружены лишь предпосылки



возможного наличия оруденения карлинского типа, что объясняется «трудноуязвимостью» его для традиционных методов шлиховых поисков. Поэтому новые данные авторов статьи об их возможном генезисе представляют для нас особый интерес. Тем не менее, основная концепция авторов об источнике дисперсного золота, по нашему мнению, — лишь один из возможных вариантов: прямых доказательств идентичности золота МКТ и МСТ пока не получено. Кроме того, большие сомнения вызывают и возможные масштабы процесса мобилизации девонского золота: в месторождениях карлинского типа в Неваде заключено в общей сложности не менее 10 тыс. т металла. Не означает ли это, что в девонских залежах его должно быть чуть ли не на порядок больше (почти как в Витватерсранде)? В это верится с трудом. Нет пока и надежных критериев идентификации признаков мобилизации рудных компонентов из литологически благоприятных горизонтов: в литературе отсутствуют данные опробования таких горизонтов по простиранию — до полного выклинивания зон метасоматических преобразований.

Гораздо более убедительной представляется концепция об унаследованности процессов рудогенеза, которые редко когда носят одноактный характер (чаще всего это присуще молодым поствулканогенным месторождениям). Так, считается, что знаменитый Олимпик Дэм в Австралии формировался почти 1 млрд. лет, а поликомпонентные месторождения Южной Англии связаны с крупным гранитным плутоном, остывающим (еще не до конца) в течение последних 600 млн. лет. В Средне-Азиатской ртутно-сурьмяно-золоторудной провинции оруденение также многостадийное: в центре металлогенических поясов оно ранне- и поздневарисское, а на флангах — киммерийское и альпийское.

Далеко не бесспорен тезис и об осадочно-эксгальационном («седокском») происхождении девонского золота Невады. Даже для классических представителей этого типа — субсогласных полиметаллических

залежей Миссисипи-Миссури — допускается участие в рудогенезе глубинных гидротерм, способных передвигаться по латерали на расстояние до 700 км. Главный фактор здесь, как и для других низкотемпературных месторождений, локализующихся в мощных толщах карбонатных пород (полиметаллическое Миргалимсай в Каратау, ртутное Ваньшань в Гуйчжоу, свинцово-цинковое Эль-Абед в Северной Африке и др.), — приуроченность к горизонтам доломитов, преимущественно к тонкослоистым их разностям, в которых, как отмечалось, в отличие от известняков в течение длительного времени сохраняются открытыми полости, возникающие в зонах разломов или внутриформационного расслоения. В последнем случае образуются характерные для этого типа полосчатые (збровидные, рябчиковые, ленточные) руды. Ритмичная их текстура нередко объясняется послойным отложением рудного и нерудного материала в лагунных условиях. Возможна и другая трактовка: подобного типа месторождения могут формироваться в палеоартезианских бассейнах, когда в водонасыщенные горизонты доломитов, подвергшиеся на перегибах моноклинальных структур внутриформационному расслоению, по разломам поступают низкотемпературные рудоносные растворы и затем медленно по ним циркулируют, отлагая свой полезный груз в местах разрядки стресса или под соответствующим экраном — физическим, химическим и др.

Приведенные соображения, не отвергая основную генетическую посылку авторов рецензируемой статьи, призваны лишь подчеркнуть сложность задач по расшифровке генезиса месторождений с дисперсным золотом, которые, вне всякого сомнения, будут выявлены и на территории Российской Федерации (первостепенной в этом отношении представляется Лево-Сакындинская ртутно-золотоносная зона в Восточной Якутии). Опыт более чем четвертьвековой истории промышленного освоения месторождений карлинского типа в США будет, несомненно, этому способствовать.



## РЕЦЕНЗИИ

УДК 553.31 (049.32)

© А.М.Быбочкин, 2000

### ЖЕЛЕЗОРУДНАЯ БАЗА ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ РОССИИ В XXI ВЕКЕ

**А.М.Быбочкин**

В 1998 году вышла в свет монография «Железорудная база России»\*, посвященная 300-летию горно-геологической службы России. Объем работы 53 печатных листа, тираж 500 экземпляров. Авторский коллектив монографии представлен 25 ведущими учеными и специалистами по изучению геолого-структурных условий формирования железорудных месторождений, закономерностей их размещения и локализации в недрах Земли, методам поисков, разведки, оценки их экономического потенциала, конкурентоспособности, комплексному промышленному освоению на рациональной горно-технической, технологической, экологической и экономической основе в условиях свободного рынка. Можно без преувеличения отметить, что выполнена колоссальная и весьма сложная научно-исследовательская работа по анализу и обобщению многочисленных трудов предшественников. Известно, что успешное развитие базовой отрасли экономики государства — черной металлургии — во многом зависит от состояния сырьевой базы — железорудной, топливно-энергетической, огнеупорного и нерудного металлургического сырья.

Авторы на основе системного анализа комплексной геологической, горно-технической, технологической и экономической информации показали, что стратегия развития минерально-сырьевой базы черной металлургии в Советском Союзе разраба-

тывалась на базе данных об экономике, тенденциях, состоянии и перспективах потребления широкой номенклатуры конечной продукции черной металлургии на внутреннем и внешнем рынках для удовлетворения потребностей машиностроения, строительной индустрии, сельского хозяйства, транспорта, нефтяной и газовой промышленности, а также других отраслей экономики.

Всесторонне проанализированы и высоко оценены многолетние технологические исследования по обогащению железистых кварцитов, горно-технические условия их разработки и комплексной переработки на рациональной организационной, технологической, экологической и экономической основе. Эти исследования позволили существенно расширить железорудную базу черной металлургии, улучшить географо-экономическое размещение разведанных запасов железорудного сырья, внести коренные изменения в структуру технологии разработки месторождений.

Промышленное освоение месторождений железистых кварцитов предопределило стратегию развития и размещения предприятий черной металлургии, концентрацию объектов добычи и обогащения железорудного сырья. В 1990 г. в СССР обогащению подвергалось 89,7% добытых магнетитсодержащих железных руд, в западных странах — около 42%. Достижения в области науки, техники и технологии обогащения железистых кварцитов способствовали внедрению прогрессивных технологий в добычу и комплексную переработку

\* Железорудная база России / Под ред. В.П.Орлова, М.И.Веригина, Н.И.Голивкина. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. 842 с.



железистых кварцитов с невысоким содержанием магнетитового железа. Благодаря этому разведанные по промышленным категориям запасы железистых кварцитов увеличились с 10,5 млрд. т в 1955 г. до 55,2 млрд. т в 1990 г., а их добыча соответственно возросла с 6,2 до 344,5 млн. т, при этом производство высококачественного товарного железосодержащего сырья увеличилось с 54,9 до 60,9%. Разведка и подготовка к комплексному промышленному освоению месторождений железистых кварцитов с применением прогрессивных технологий их добычи и комплексной переработки явились технической и технологической революцией в горно-обогатительном и металлургическом комплексах страны, обеспечившей стабильный рост производства чугуна с 19 млн. т в 1950 г. до 110 млн. т в 1990 г., стали различных марок соответственно с 27 до 154 млн. т в год, что позволило Советскому Союзу с середины 70-х годов занять первое место в мире, опередив такие страны, как США и Япония.

За 1955—1990 гг. в СССР построены и введены в эксплуатацию 15 гигантских горно-обогатительных комплексов, оснащенных передовой техникой и технологией, на Кольском полуострове, в Карелии, районе КМА, на Украине, Урале, в Восточной Сибири и Казахстане, на которых вместе с ранее построенными горно-добывающими предприятиями в 1990 г. добыто 535 млн. т сырой руды и произведено 243,5 млн. т товарной руды высокого качества.

Успехи в области интенсификации геологоразведочного процесса и, как следствие, интенсивные темпы развития минерально-сырьевого комплекса касались не только железорудного сырья, но и других, особенно стратегических видов полезных ископаемых, что соответствовало требованиям сбалансированного многовекторного развития экономики. Эти требования предусматривали опережающие темпы развития многоотраслевого минерального комплекса. В частности, обеспеченность разведанными запасами промышленных категорий черной металлургии, достигнутых и проектных объемов производства,

составляла 25—50 лет и более. Государство вполне осознанно поддерживало эту научно обоснованную стратегию, выделяя из госбюджета огромные финансовые, материально-технические и трудовые ресурсы. Так, в последней доперестроечной пятилетке на все виды геологических исследований было выделено 60 млрд. р. или 12 млрд. р. в год, что составляло около 18 млрд. дол. США.

Созданная сырьевая база государства будет основной сырьевой базой и в XXI веке, так как в ближайшей и даже дальней перспективе когда-то единая, а теперь разобщенная по субъектам Российской Федерации геологическая служба страны таких крупных финансовых ресурсов иметь не будет. Без крупных финансовых, материальных и интеллектуальных вложений в непрерывное развитие минерально-сырьевого комплекса и подготовку к комплексному промышленному освоению на прогрессивной технологической, экологической и экономической основе новых месторождений обеспечить устойчивое развитие сбалансированной экономики невозможно.

Монография состоит из двух частей. В первой (восемь глав) обстоятельно анализируются состояние, динамика, темпы, технологические и экономические аспекты развития черной металлургии мира и Советского Союза за 25 лет, предшествующих реформам в нашей стране.

В первых двух главах говорится о роли железа в истории развития и техническом прогрессе человеческого общества, мировых запасах, объемах производства товарных железных руд, чугуна, стали и проката, проблемах внешней торговли железорудным сырьем и продукцией металлургической промышленности.

В третьей главе приводятся объемы производства товарных железных руд, чугуна, стали и готового проката в Советском Союзе в доперестроечное время. Экономический потенциал государства, состояние и реальные возможности черной металлургии оцениваются по объему производства чугуна, стали и готового проката на душу



населения в странах — основных производителей (СССР, Китай, США, страны ЕС, Япония). В 1989 г. СССР производил чугуна и стали больше, чем США и страны ЕС, но уступал ФРГ и Японии; готового проката — больше, чем США, ФРГ и Япония.

В пятой и шестой главах рассмотрены вопросы обогащения железных руд и технологические процессы их металлургического передела. Читатели ознакомятся с технологией безкоксовой металлургии железа, конверторным, мартеновским и электроплавильным производством, а также процессом непрерывной разливки стали и порошковой металлургии.

В седьмой и восьмой главах рассмотрены технико-экономические показатели черной металлургии Советского Союза в доперестроечное время, а также современное состояние и перспективы развития черной металлургии России. Авторы считают, что основными задачами черной металлургии на данном этапе ее состояния, дальнейшего развития и повышения эффективности и конкурентоспособности являются: обновление основных фондов, совершенствование структуры производства, повышение качества и сортамента продукции, развитие рудной базы, снижение издержек производства, кардинальное решение экологических проблем отрасли.

Вторая часть монографии из девяти глав посвящена железорудной базе Центрального и Центрально-Черноземного районов, Урала, Западной и Восточной Сибири, где сосредоточен основной потенциал ресурсов железорудного сырья, представленный различными генетическими и промышленными типами железорудных месторождений. В этих регионах созданы крупные горно-обогатительные и металлургические комплексы черной металлургии, которые доминируют по объемам производства черных металлов в России. Железорудная база Дальнего Востока представлена месторождениями Якутии, Амурской области, Хабаровского и Приморского краев.

Содержащаяся во второй части инфор-

мация о состоянии сырьевой базы черной металлургии России, структуре запасов железных руд и их территориальном размещении, а также описание геологического строения и рудоносности 140 месторождений, несомненно, будут способствовать их эффективному комплексному использованию на рациональной горно-технической, технологической и экономической основе.

В настоящее время на Государственном балансе запасов железных руд числится около 170 разведанных месторождений, их них разрабатываются около 50. Из разрабатываемых месторождений одиннадцать относятся к группе уникальных и крупных, их доля в разведанных запасах составляет примерно 79% и столько же в объеме добычи железных руд в стране. В разрабатываемых железорудных месторождениях сосредоточено около 50% всех запасов, учтенных Государственным балансом.

Большой научный и практический интерес представляет информация, содержащаяся в девятой главе. В ней рассматриваются проблемы обеспечения подготовленными для промышленного освоения запасами железорудного сырья горно-обогатительных и металлургических комплексов как в целом по России, так и по отдельным экономическим районам. Даются научно обоснованный анализ состояния обеспеченности отдельных горно-добывающих предприятий разведанными запасами, пути восполнения выбывающих мощностей по добыче руды за счет экономической переоценки и развития местной сырьевой базы, определены задачи по укреплению и развитию железорудной базы России в целом и отдельных горно-обогатительных и металлургических комплексов. Нельзя не согласиться с авторами монографии, высказывающими тревогу в связи с существенным снижением объемов геологоразведочных работ, особенно в Уральском и Северо-Западном железорудных районах, где на протяжении нескольких лет наблюдается диспропорция между объемами погашенных и вновь приращиваемых запасов, что является причиной сокращения сроков



железистых кварцитов с невысоким содержанием магнетитового железа. Благодаря этому разведанные по промышленным категориям запасы железистых кварцитов увеличились с 10,5 млрд. т в 1955 г. до 55,2 млрд. т в 1990 г., а их добыча соответственно возросла с 6,2 до 344,5 млн. т, при этом производство высококачественного товарного железосодержащего сырья увеличилось с 54,9 до 60,9%. Разведка и подготовка к комплексному промышленному освоению месторождений железистых кварцитов с применением прогрессивных технологий их добычи и комплексной переработки явились технической и технологической революцией в горно-обогатительном и металлургическом комплексах страны, обеспечившей стабильный рост производства чугуна с 19 млн. т в 1950 г. до 110 млн. т в 1990 г., стали различных марок соответственно с 27 до 154 млн. т в год, что позволило Советскому Союзу с середины 70-х годов занять первое место в мире, опередив такие страны, как США и Япония.

За 1955—1990 гг. в СССР построены и введены в эксплуатацию 15 гигантских горно-обогатительных комплексов, оснащенных передовой техникой и технологией, на Кольском полуострове, в Карелии, районе КМА, на Украине, Урале, в Восточной Сибири и Казахстане, на которых вместе с ранее построенными горно-добывающими предприятиями в 1990 г. добыто 535 млн. т сырой руды и произведено 243,5 млн. т товарной руды высокого качества.

Успехи в области интенсификации геологоразведочного процесса и, как следствие, интенсивные темпы развития минерально-сырьевого комплекса касались не только железорудного сырья, но и других, особенно стратегических видов полезных ископаемых, что соответствовало требованиям сбалансированного многовекторного развития экономики. Эти требования предусматривали опережающие темпы развития многоотраслевого минерального комплекса. В частности, обеспеченность разведанными запасами промышленных категорий черной металлургии, достигнутых и проектных объемов производства,

составляла 25—50 лет и более. Государство вполне осознанно поддерживало эту научно обоснованную стратегию, выделяя из госбюджета огромные финансовые, материально-технические и трудовые ресурсы. Так, в последней доперестроечной пятилетке на все виды геологических исследований было выделено 60 млрд. р. или 12 млрд. р. в год, что составляло около 18 млрд. дол. США.

Созданная сырьевая база государства будет основной сырьевой базой и в XXI веке, так как в ближайшей и даже дальней перспективе когда-то единая, а теперь разобщенная по субъектам Российской Федерации геологическая служба страны таких крупных финансовых ресурсов иметь не будет. Без крупных финансовых, материальных и интеллектуальных вложений в непрерывное развитие минерально-сырьевого комплекса и подготовку к комплексному промышленному освоению на прогрессивной технологической, экологической и экономической основе новых месторождений обеспечить устойчивое развитие сбалансированной экономики невозможно.

Монография состоит из двух частей. В первой (восемь глав) обстоятельно анализируются состояние, динамика, темпы, технологические и экономические аспекты развития черной металлургии мира и Советского Союза за 25 лет, предшествующих реформам в нашей стране.

В первых двух главах говорится о роли железа в истории развития и техническом прогрессе человеческого общества, мировых запасах, объемах производства товарных железных руд, чугуна, стали и проката, проблемах внешней торговли железорудным сырьем и продукцией металлургической промышленности.

В третьей главе приводятся объемы производства товарных железных руд, чугуна, стали и готового проката в Советском Союзе в доперестроечное время. Экономический потенциал государства, состояние и реальные возможности черной металлургии оцениваются по объему производства чугуна, стали и готового проката на душу



населения в странах — основных производителей (СССР, Китай, США, страны ЕС, Япония). В 1989 г. СССР производил чугуна и стали больше, чем США и страны ЕС, но уступал ФРГ и Японии; готового проката — больше, чем США, ФРГ и Япония.

В пятой и шестой главах рассмотрены вопросы обогащения железных руд и технологические процессы их металлургического передела. Читатели ознакомятся с технологией безкоксовой металлургии железа, конверторным, мартеновским и электроплавильным производством, а также процессом непрерывной разливки стали и порошковой металлургии.

В седьмой и восьмой главах рассмотрены технико-экономические показатели черной металлургии Советского Союза в доперестроечное время, а также современное состояние и перспективы развития черной металлургии России. Авторы считают, что основными задачами черной металлургии на данном этапе ее состояния, дальнейшего развития и повышения эффективности и конкурентоспособности являются: обновление основных фондов, совершенствование структуры производства, повышение качества и сортамента продукции, развитие рудной базы, снижение издержек производства, кардинальное решение экологических проблем отрасли.

Вторая часть монографии из девяти глав посвящена железорудной базе Центрального и Центрально-Черноземного районов, Урала, Западной и Восточной Сибири, где сосредоточен основной потенциал ресурсов железорудного сырья, представленный различными генетическими и промышленными типами железорудных месторождений. В этих регионах созданы крупные горно-обогатительные и металлургические комплексы черной металлургии, которые доминируют по объемам производства черных металлов в России. Железорудная база Дальнего Востока представлена месторождениями Якутии, Амурской области, Хабаровского и Приморского краев.

Содержащаяся во второй части инфор-

мация о состоянии сырьевой базы черной металлургии России, структуре запасов железных руд и их территориальном размещении, а также описание геологического строения и рудоносности 140 месторождений, несомненно, будут способствовать их эффективному комплексному использованию на рациональной горно-технической, технологической и экономической основе.

В настоящее время на Государственном балансе запасов железных руд числится около 170 разведанных месторождений, их них разрабатываются около 50. Из разрабатываемых месторождений одиннадцать относятся к группе уникальных и крупных, их доля в разведанных запасах составляет примерно 79% и столько же в объеме добычи железных руд в стране. В разрабатываемых железорудных месторождениях сосредоточено около 50% всех запасов, учтенных Государственным балансом.

Большой научный и практический интерес представляет информация, содержащаяся в девятой главе. В ней рассматриваются проблемы обеспечения подготовленными для промышленного освоения запасами железорудного сырья горно-обогатительных и металлургических комплексов как в целом по России, так и по отдельным экономическим районам. Даются научно обоснованный анализ состояния обеспеченности отдельных горно-добывающих предприятий разведанными запасами, пути восполнения выбывающих мощностей по добыче руды за счет экономической переоценки и развития местной сырьевой базы, определены задачи по укреплению и развитию железорудной базы России в целом и отдельных горно-обогатительных и металлургических комплексов. Нельзя не согласиться с авторами монографии, высказывающими тревогу в связи с существенным снижением объемов геологоразведочных работ, особенно в Уральском и Северо-Западном железорудных районах, где на протяжении нескольких лет наблюдается диспропорция между объемами погашенных и вновь приращиваемых запасов, что является причиной сокращения сроков



обеспеченности разведанными запасами ряда действующих крупных предприятий черной металлургии.

Практическое использование идей, содержащихся в монографии, позволит федеральным, региональным и производственным структурам успешнее модернизировать горно-обогатительные и металлургические комплексы России с привлечением как отечественных, так и иностранных инвесторов и тем самым обеспечить производство российского металла новейшими технология-

ми, в полном соответствии с требованиями международных стандартов.

Как правило, месторождения железных руд комплексные. Использование нерудных полезных компонентов позволит повысить экономический потенциал и конкурентоспособность запасов, числящихся на Государственном балансе, оздоровить экологическую обстановку в районах действия горно-обогатительных и металлургических комплексов.



## РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

УДК 553.43/.48(571.15)

© В.М.Чекалин, 2000

### К 50-ЛЕТИЮ АЛТАЙСКОЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ\*

**В.М.Чекалин (ОАО «Сибирь-полиметаллы»)**

С глубокой древности в северо-западной части Рудного Алтая известны многочисленные месторождения и проявления медно-свинцово-цинковых с серебром и золотом сульфидных и оксидных руд, выходящих на дневную поверхность. Легендарные племена Чуди добывали из них медь, серебро и золото. В XVIII веке эта территория стала родиной горно-заводского дела на Алтае, где строились первые плавильные печи, заводы для получения меди, свинца, серебра (золото из серебра извлекалось на монетном дворе в С.-Петербурге). В 20-е годы того же века было выявлено крупнейшее по тем временам Змеиногорское месторождение золото-серебро-барит-полиметаллических руд, которое на многие десятилетия стало основным источником благородных металлов для царской казны. Оно и по современным требованиям относится к разряду крупных. Недалеко от него были открыты Карамышевское, Преображенское, Стрижковское, Семеновское, Лазурское, Золотушинское и многие другие месторождения. С территории северо-западной части Рудного Алтая, а именно из Змеиногорска, выходили поисковые отряды на юго-восток региона, где были обнаружены (в основном по следам древней

Чуди) новые месторождения, в том числе крупные — Белоусовское, Зырянское, Риддерское, Николаевское, Малеевское и др. Так регион превратился в крупную минерально-сырьевую базу меди, свинца, цинка и благородных металлов. Складывалось впечатление, бытующее до сих пор, о неисчерпаемости легко открываемых рудных объектов. В действительности же их резерв полностью иссяк в первой половине XIX в., когда практически все месторождения, выходящие на современный эрозионный срез, были открыты.

Требовался новый подход к поиску месторождений, основанный на знании геологического строения и закономерностях размещения месторождений, на большой территории. Нужны были обобщающие работы по месторождениям и проявлениям хотя бы регистрационного плана. И такие исследования стали появляться. Первой сводкой стал «Список месторождений Алтайского округа (золото, серебро, медь, свинец, цинк)», составленный горным инженером В.Н.Мамонтовым в 1908 г. (г. Барнаул). Выдающейся работой подобного рода, с более подробным описанием рудных объектов, представляется труд Б.С.Митропольского и М.К.Паренаго «Полиметаллические месторождения Алтая и Салаира», изданный в 1931 г. в Новосибирске.

В изучении и освоении производительных сил «Большого Алтая» огромную роль сыграла сессия Ученого совета Академии наук СССР, посвященная освоению минерально-сырьевой базы этого края. В материалах сессии отмечалось, что рудные бо-

\*Публикуя статью В.М.Чекалина, редколлегия журнала отдает дань памяти ушедшему из жизни Давиду Иосифовичу Горжевскому, активно участвовавшему в организации и работах Алтайской полиметаллической экспедиции и оставившему глубокий след в изучении геологии и колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая и развитии его минерально-сырьевой базы.



гатства Алтая до сего времени не находили должной оценки в общем балансе цветных металлов СССР. Было признано правильным постепенное включение в исследования всей Прииртышской полосы месторождений и Змеиногорского (в том числе и Золотушинского — В.Ч.) района, давшим в прошлом больше руды, чем месторождения Зырянск и Риддер. На месторождениях этого района, таких как Змеиногорское, Золотушинское, Локтевское, Петровское, Лазурское, Карамышевское, Семеновское, предусматривался определенный объем буровых, геологических, топографических, опробовательских и других работ. Для их реализации предусматривалась организация 3—4 партий с ассигнованием по 80 тыс. р. в целях оценки рудных объектов и составления геологических карт на их участках с использованием топоосновы. В качестве первоочередных участков были названы Змеиногорско-Петровско-Карамышевский и Лазурско-Черепановский.

В целях осуществления намеченных планов по изучению и освоению «Большого Алтая» работы начали активизироваться. Большим подспорьем для геологов-поисковиков стало крупное обобщающее исследование Ю.А.Шнейдера «Полиметаллические месторождения Змеиногорского и Золотушинского рудных районов», законченное в 1940 г. В нем автор пришел к выводу о том, что «северная (северо-западная — В.Ч.) часть Рудного Алтая имеет крупные перспективы по полиметаллическим рудам и в этом отношении вряд ли беднее казахстанской (юго-восточной — В.Ч.) части». В довоенное время начали создаваться поисково-разведочные партии. Сургутановская, например, проводила буровые оценочные работы на глубине и флангах ряда ранее известных небольших месторождений. В результате были открыты значительные запасы богатых полиметаллических руд Золотушинского месторождения, которое эксплуатировалось в 1947—1994 гг. с производительностью до 600—700 тыс. т товарной руды в год.

Факт открытия новых залежей на глу-

бине под отработанными с поверхности полиметаллическими окисленными медно-свинцовыми рудами Золотушинского месторождения, известными с глубокой древности, воодушевил геологов-производственников на усиление поисковых работ непосредственно на старых рудных объектах и ослабил их внимание к площадным геологическим исследованиям, без которых невозможно целенаправленно и эффективно вести поиски. Это не замедлило сказаться на результатах геологоразведочных работ по приросту запасов на известных рудных объектах, таких как Лазурское, Семеновское, Змеиногорское, Комиссаровское и другие месторождения и рудопроявления. Ситуация усугублялась еще и ограниченной (до 100—150, редко 200 м) глубиной поисково-разведочных скважин.

Установленный Министерством геологии СССР на 1948—1949 гг. даже небольшой план прироста запасов свинца не был выполнен ни в Прииртышье Казахстана, ни в российской части Рудного Алтая. «Основная причина неудач, как отмечал знаток Алтая В.П.Нехорошев в 1949 г., заключается в том, что к разведке Алтая подошли слишком самоуверенно, без надлежащей подготовки в виде предварительного геологического изучения. Заслуженная слава Алтая как самой надежной в Союзе базы свинца была ложно понята в том смысле, что там никакого предварительного изучения не требуется и «стоит лишь копнуть, как руда будет». Действительность жестоко опровергла такой легкомысленный подход: в течение двух лет бурение, поставленное без должного предварительного геологического изучения, ведется по существу впустую, не давая положительных результатов». А вместе с тем, вопрос о необходимости площадных геологических исследований на Рудном Алтае (в частности геологической съемки м-ба 1:50 000) ставился на протяжении около 10 лет перед Министерством геологии СССР институтом ВСЕГЕИ, местными учеными и практиками. Так, Ф.Н.Шахов говорил, что «программу разведочных работ на Алтае нельзя ориентиро-



вать только на пересмотре старых месторождений».

И только в 1949 г. были организованы площадные геолого-съёмочные работы. В северо-западной (российской) части Рудного Алтая их по предложению Министерства геологии СССР научно возглавил В.М.Крейтер, который неоднократно писал докладные записки в Мингео СССР о необходимости проведения ревизионных работ на Рудном Алтае. В короткий срок он создал Алтайскую полиметаллическую экспедицию на базе НИС МИЦМиЗ и МГРИ. В ее основной состав вошли Г.Д.Ажтирей (главный геолог), Е.М.Лазько (начальник), Д.И.Горжевский, Г.Ф.Яковлев, В.В.Аристов (начальники поисково-съёмочных партий и отрядов). Среди других сотрудников экспедиции были В.В.Безсмертный, О.М.Пыпина, А.А.Волков, В.П.Курбатов, Е.С.Левицкий, В.А.Комар, С.С.Сулакшин, В.И.Чернов, Ф.П.Кренделев, Г.Г.Русецкая, М.Н.Барцева, Т.Я.Гончарова, Т.М.Кайкова. Позднее отряд геологов пополнили М.С.Юркевич, С.А.Горжевская, И.С.Вольнский, Е.Б.Яковлева, Л.К.Пожарицкая и др. Постоянными консультантами были М.В.Муратов, В.С.Коптев-Дворников, Е.В.Шанцер.

По воспоминаниям первых геологов экспедиции (Д.И.Горжевского, В.В.Аристова, В.И.Чернова) в ее задачи входили: геологическая съёмка номенклатурных листов государственной разграфки м-бах 1:50 000 в пределах горно-рудных и перспективных на полиметаллическое оруденение районов; детальная съёмка в м-бах 1:10 000—1:2000 на участках месторождений и крупных рудопроявлений и их флангах; изучение геологического строения (стратиграфия, магматизм, тектоника) и металлогении региона в целом и отдельных его районов и участков для выявления закономерностей размещения полиметаллического оруденения; выделение перспективных площадей для постановки детальных поисково-разведочных работ на полиметаллы; оказание консультаций по геологическим вопросам местным геологам.

Полевые работы, как и планирова-

лось, были начаты в том же году коллективом Алтайской полиметаллической экспедиции, разделенной на несколько партий и отрядов (в 1951 г. экспедиция вошла в состав ВАГТ под названием поисково-съёмочной экспедиции №8). В северо-западной части Рудного Алтая, следуя принципу «ищи руду около руды», работы начали с участков известных месторождений—Змеиногорского, Лазурского, Стрижковского, Золотушинского и др. Затем они быстро распространялись на прилегающие площади.

Государственные планы по приросту запасов основных компонентов полиметаллических руд стимулировали высокий темп не только поисково-оценочных работ на известных месторождениях, осуществляемых стационарными геолого-разведочными партиями Западно-Сибирского геологического управления, но и площадных геологических исследований региона в разных масштабах. Более того, съёмочные работы по отношению к поисково-разведочным в то время, не имевшим своего задела, предполагалось проводить в более ускоренном темпе, поскольку они должны были стать надежным плацдармом для целенаправленного и эффективного поиска и оценки новых месторождений. В связи с этим, а также учитывая, что покрыть всю северо-западную часть Рудного Алтая кондиционной геологической съёмкой м-ба 1:50 000 в сжатые сроки невозможно, экспедиция для представления общей картины геологического строения региона пришла к единственно правильному решению: составить сводные геологические карты отдельных наиболее перспективных на промышленное полиметаллическое оруденение планшето в м-бе 1:100 000, а затем и в м-бе 1:200 000 почти всей северо-западной части Рудного Алтая. И такая работа была успешно выполнена.

Задачи, поставленные перед экспедицией при ее создании, были решены. Основные результаты работ состоят в следующем.

Сложный комплекс девонских вулканогенно-осадочных отложений расчленен на



средне- и верхнедевонские образования с разделением последних на свиты, во многом с достаточно веским для того времени фаунистическим обоснованием; названия свит сохранились до настоящего времени, лишь в отдельных случаях уточнялись их границы, состав и мощность. Схему стратиграфического членения вулканогенно-осадочных пород девона на Алтае по праву можно назвать «долгжительницей». Она стала надежной основой для всех тектонических, структурных построений и использовалась при изучении закономерностей размещения колчеданно-полиметаллического оруденения.

Было доказано, что большая часть порфировых пород, принимавшихся ранее за малые интрузии позднепалеозойского и даже мезозойского возраста, — эффузивные образования среднего—позднего девона, многие из которых при последующих исследованиях отнесены к породам субвулканической фации. Необходимо подчеркнуть, что породы субвулканической фации в Змеиногорском районе впервые выделены в 1949—1952 гг. в процессе описываемых работ (Д.И.Горжевский, Е.Л.Елович, П.В.Зорова).

Впервые в северо-западной части Рудного Алтая установлены морские терригенные отложения нижней части турнейского яруса нижнего карбона, которые, как было выяснено в основном в 90-е годы, оказались угленосными.

Разработана стратиграфическая схема мезозойско-кайнозойских отложений с разделением их на свиты (И.С.Чумаков, Л.С.Нусинсон), которая является основополагающей и в настоящее время, когда количество соответствующей информации многократно возросло.

Уточнена схема интрузивного магматизма. К двум гранитоидным комплексам — змеиногорскому (карбон-пермскому) и калбинскому (пермско-триасовому), выделенным ранее Н.А.Елисеевым, прибавлен тельбесский девонского возраста (В.И.Чернов).

Установлено, что Иртышская и Северо-

Восточная зоны смятия северо-западного простирания, ограничивающие Рудный Алтай с юго-запада и северо-востока, и другие крупные дизъюнктивы того же направления древнее разрывных нарушений поперечной (северо-восточной) ориентировки. Главные пликвативные структуры — Алейский антиклинорий и Быструшинский синклинорий, представленные на северо-западе Рудного Алтая своими северо-западными замыканиями. На фоне этих структур выявлен ряд положительных и отрицательных структур второго порядка, осложненных разноориентированными разрывами.

Расшифровка основной картины геологического строения региона в целом и отдельных его участков позволила определить некоторые закономерности размещения колчеданно-полиметаллического оруденения и дать рекомендации по направлению поисково-разведочных работ в целях обнаружения промышленных объектов. Отметим лишь те из рекомендаций, которые при их проверке в дальнейшем увенчались наибольшим успехом.

Так, Михайловский прииск, находящийся в 3 км к северу от Змеиногорска и разведывавшийся в 1858—1867 гг. при помощи шахты глубиной 30 м, а также считавшийся Ю.А.Шнейдером (1940 г.) интересным в поисковом отношении, в 1952 г. в результате составления геологической карты м-ба 1:10 000 В.В.Безмертным и другими исследователями был признан перспективным на промышленное оруденение и рекомендован для детального опоскования. При этом непосредственно на прииске было предложено пробурить две скважины глубиной по 300 м для прослеживания полиметаллической минерализации на глубину. В 1959 г. в процессе съемки м-ба 1:50 000, проводимой Рудно-Алтайской экспедицией ЗСГУ, двумя скважинами, заданными в местах, рекомендованных Алтайской полиметаллической экспедицией, вскрыты промышленные полиметаллические руды. Так было открыто месторождение, названное Корбалихинским, запасы



которого после детальной разведки были утверждены ГКЗ СССР в 1964 г. Как позднее выяснилось, разведанный участок оказался всего лишь юго-восточным флангом месторождения.

Другая рекомендация, заслуживающая внимания, связана с Березовогорским рудным полем в 25 км к северо-западу от Корбалихинского месторождения. Здесь, на южном склоне сопки Березовая, находится несколько приисков, вскрывших в 80-е годы XVIII в. небогатое жильное полиметаллическое оруденение. К его оценке приступали еще не раз. В 40-е годы XIX в. с северной стороны сопки была начата проходка штольни, которая была остановлена из-за убогости вскрытой минерализации. В 1946 г. зона оруденения изучалась Ю.А.Шнейдером (ЗСГУ). Было пройдено несколько канав и составлена схематическая геологическая карта участка в м-бе 1:2000. В 1949 г. в центральной части рудной зоны Березовогорских приисков под руководством В.В.Аристова, В.И.Чернова, В.В.Жданова (МГРИ) также проводились поисковые работы с составлением детальной геологической карты, которая базировалась на данных по обнажениям, старым и новым горным выработкам. В отчете «Геологические факторы, контролирующие полиметаллическое оруденение Змеиногорского рудного района (Рудный Алтай)» основные его исполнители отмечают: «Проведенные работы показали, что на Березовском участке имеется, видимо, достаточно значительное по масштабам сульфидное оруденение. Поэтому представляется весьма необходимым более детальное изучение месторождения со вскрытием его глубоких горизонтов. Разведочные работы следует сосредоточить в центральной и западной частях главной зоны месторождения...» (В.В.Аристов, В.И.Чернов, 1950, с. 250—251). Рудно-Алтайской экспедицией (ЗСГУ) открыто небольшое по размерам промышленное месторождение (Майское) полиметаллических легкообогатимых руд прожилково-жильного типа, запасы которого утверждены ГКЗ СССР в 1960 г. В будущем

оно может быть отработано одновременно с другими близко расположенными месторождениями.

И, наконец, третья (из главных) рекомендация касается Тушканихинского и Таловского рудных узлов (Д.И.Горжевский и др., 1951; А.А.Волков, 1953). Тушканихинский рудный узел находится в западной части Березовогорского рудного поля. Он осложнен среднедевонскими вулканогенно-осадочными породами, на отдельных участках гидротермально измененными с проявлением бедной сульфидной минерализации и кварцевыми прожилками иногда с пиритом. Поисково-оценочными работами, проведенными Рудно-Алтайской экспедицией, при помощи буровых скважин установлено мелкое непромышленное месторождение полиметаллических руд.

Наибольший интерес в то время и позднее представлял Таловский рудный узел в 3,5 км к востоку от южной окраины с.Таловка. В нем выделены две рудных точки, связанные с двумя пологими холмами, удаленными один от другого на расстояние около 1 км. По стратиграфическому положению и литологическому составу, наличию гидротермальных преобразований пород и полиметаллической минерализации работники Алтайской полиметаллической экспедиции отнесли Таловский рудный район к весьма перспективному на промышленное оруденение и рекомендовали пробурить восемь скважин глубиной по 200 м на северо-восточном и две скважины на юго-западном холме. В результате в 1961 г. на юго-западном холме скважинами были вскрыты первые промышленные богатые сульфидные полиметаллические руды. Таким образом, было открыто первое месторождение, названное Степным, на совершенно неизученной площади, закрытой мощным чехлом кайнозойских глин, где единственные выходы на дневную поверхность девонских продуктивных стратифицированных отложений находятся на участках упомянутых холмов. Это месторождение было предвестником открытия в Рудном Алтае нового крупного рудного



района (Рубцовского), в котором в настоящее время известно четыре месторождения очень богатых полиметаллических руд (Степное, Таловское, Рубцовское, Захаровское). Все они детально разведаны и подготовлены к промышленному освоению. Запасы их утверждены ГКЗ СССР. На Степном месторождении с поверхности окисленные руды отработаны карьером.

В 1957 г. Алтайская полиметаллическая экспедиция прекратила существование, однако отдельные ее сотрудники не прерывали свои исследования на Алтае. В 1971—1973 гг. под научно-методическим руководством Д.И.Горжевского и при активном участии Г.Ф.Яковлева крупным коллективом геологов и геофизиков многих производственных экспедиций, академических, отраслевых и учебных институтов на Рудном Алтае выполнена работа по составлению прогнозно-металлогенических карт в м-бе 1:50 000. В северо-западной части Рудного Алтая научно-исследовательскими организациями к этим исследованиям были привлечены А.Ф.Фоминых, М.Ф.Микунов, В.Б.Караулов, А.А.Солодов, Е.И.Филатов, И.П.Пугачева, И.В.Крейтер, Н.Г.Кудрявцева, А.А.Головин, В.Б.Чекваидзе, Н.Н.Биндеман, И.З.Исакович, Т.В.Зорова, Е.С.Елович. Все они, продолжая лучшие традиции предшественников из Алтайской полиметаллической экспедиции, совместно с геологами местных производственных организаций (Рудно-Алтайской геологоразведочной и Алтайской геофизической экспедиций) успешно справились с задачами. На территории Змеиногорского и Золотушинского рудных районов составлены прогнозно-металлогенические карты в м-бе 1:50 000, а для Змеиногорского, Золотушинского и Рубцовского рудных районов — карты-врезки м-ба 1:10 000 отдельных рудных полей.

Исключительно с результатами прогнозно-металлогенических исследований,

окончательно обосновавших высокие перспективы выявления новых рудных залежей на северо-западном фланге Корбалихинского месторождения, следует связывать производство геологоразведочных работ по переоценке запасов месторождения. Для реализации выданных прогнозов была создана Зареченская геологоразведочная партия, которая выполнила основной объем разведочных работ. В результате запасы месторождения возросли в четыре раза, что позволило перевести его из среднего по запасам в разряд крупных. Общие запасы Корбалихинского месторождения как результат генерального их пересчета в 1988 г. утверждены ГКЗ СССР. Таким образом, месторождение подготовлено к промышленному освоению.

Прогнозно-металлогенические исследования 1971—1973 гг. способствовали также открытию в 1977 г. Юбилейного месторождения с промышленными запасами полиметаллических руд в Золотушинском рудном районе. Месторождение детально разведано, запасы утверждены ГКЗ СССР. Оно, как и Корбалихинское, подготовлено к промышленному освоению.

В настоящее время в северо-западной части Рудного Алтая создана крупная минерально-сырьевая база цветной металлургии России. И произошло это не без участия геологов, пришедших на Алтай в 1949 г. в составе Алтайской полиметаллической экспедиции, и тех, кто связал свою судьбу с этим краем на многие годы и в дальнейшем. Многие из них стали крупными учеными (В.В.Аристов, Д.И.Горжевский, В.В.Жданов, Ф.П.Кренделев, С.И.Сулакшин, Г.Ф.Яковлев и др.), за активное плодотворное изучение недр Рудного Алтая — лауреатами Ленинской (Г.Ф.Яковлев) и Государственной (Д.И.Горжевский) премий, официально признанными первооткрывателями месторождений (А.А.Волков, А.Ф.Фоминых).



## ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



13 февраля 2000 г. исполнилось 85 лет одному из выдающихся геологов России, видному организатору геологоразведочных работ в СССР и за рубежом, бывшему заместителю министра геологии СССР, заслуженному геологу РСФСР, лауреату Ленинской премии **ВИКТОРУ АНДРЕЕВИЧУ ЯРМОЛЮКУ.**

После окончания в 1933 г. Владивостокского геологоразведочного техникума В.А.Ярмолук более 50 лет работал в различных организациях Мингео СССР, пройдя путь от старшего коллектора до заместителя министра.

С 1933 по 1950 г. Виктор Андреевич изучал геологическое строение и полезные ископаемые ряда труднодоступных районов Дальнего Востока. При непосредственном участии Виктора Андреевича был найден знаменитый Сихотэ-Алиньский метеорит и исследовалось место его падения. С именем В.А.Ярмолюка связаны организация геологической службы на Камчатке и создание Камчатской геологической экспедиции, которой он руководил в 1950—1954 гг. За этот довольно плодотворный период геологической съемкой масштаба 1:1 000 000 были покрыты многие ранее не изученные районы Центральной и Северной Камчатки, выявлены перспективы коренной и россыпной золотоносности данных районов.

С 1954 г. начинается новый этап деятельности В.А.Ярмолюка; он был переведен в Дальневосточное геологическое управление, а уже через год возглавил его. Под руководством Виктора Андреевича Дальгеология стала одним из ведущих геологических объединений страны, внесшим крупный вклад в создание минерально-сырьевой базы олова, золота, железа, полиметаллов на Дальнем Востоке. С 1955 по 1965 г. В.А.Ярмолук опубликовал монографии по геологическим проблемам и полезным ископаемым Дальнего Востока, Северо-Востока и Камчатки. В 1964 г. за открытие дальневосточных оловорудных месторождений В.А.Ярмолук удостоен Ленинской премии.

В 1965 г. Виктор Андреевич был переведен в центральный аппарат Мингео СССР начальником сводного отдела минеральных ресурсов, а уже в конце 1966 г. был назначен заместителем Министра геологии СССР, курирующим вопросы минерально-сырьевой базы и международного сотрудничества. На этом посту он проработал до ухода на заслуженный отдых в 1986 г. В данный период при его непосредственном участии были реализованы многочисленные проекты геологического изучения, поисков и разведки полезных ископаемых в Алжире, МНР, Афганистане, СРВ, Иране, на Кубе и во многих других странах. Неоценим личный вклад В.А.Ярмолюка в выходе отечественной геологии





на международную арену, высочайшем международном авторитете отечественной геологии, развитии минерально-сырьевых баз многих стран мира.

Многим в нашей стране и за ее рубежами известны эффективные действия В.А.Ярмолюка по вывозу из Праги в 1968 г. делегатов Международного геологического конгресса во время ввода в ЧССР войск Варшавского договора, по освобождению советских геологов, захваченных террористами в Мозамбике. Хорошо известно его внимание к условиям работы наших специалистов в зарубежных странах.

Находясь на отдыхе, Виктор Андреевич остается верным своей профессии. Он активно работает в журнале «Отечественная геология», им написаны блестящие повести-хроники о прожитых в геологии годах, деятельности советских геологов за рубежом, многочисленные публицистические статьи и эссе. Сердечно поздравляя Виктора Андреевича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, а также оптимизма и бодрости духа, которые всегда были основой его деятельности.

*Коллегия МПР РФ  
Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

24 января 2000 г. исполнилось 70 лет научному сотруднику отдела геологии, методов поисков и экономики месторождений благородных металлов **ГУРЕЕВУ ВЛАДИМИРУ ФЕДОРОВИЧУ**.

В.Ф. Гуреев работает в ЦНИГРИ с 1955 г. Занимался исследованиями редкометальных месторождений Украины и Верхнего Саяна, изучал поведение золота в зоне окисления и возможность использования кристалломорфологических особенностей пирита при поисках золоторудных месторождений в Кызылкумах. Накопленный опыт позволил ему разработать высокоэффективную методику поисков месторождений минералого-геохимическим шлиховым методом, применяемую как для золоторудных месторождений, так и для месторождений других металлов. Использование этой методики принесло весьма значительный эффект, и сейчас она продолжает с пользой служить при проведении поисковых работ.



В.Ф. Гуреев широко известен геологам нашей страны своими оригинальными научными разработками. Он является автором 63 научных работ. Среди них — три издания методики и семь авторских свидетельств.

Владимира Федоровича отличают беззаветная преданность делу, трудолюбие, целеустремленность, упорство и профессионализм.

Поздравляем Владимира Федоровича с юбилеем, желаем крепкого здоровья и новых творческих достижений.

*Ученый Совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



**АЛЕКСАНДРУ ИВАНОВИЧУ НИКУЛИНУ,**

кандидату технических наук, заведующему лабораторией обогащения руд золота и алмазов, исполняется 70 лет.

А.И. Никулин после окончания в 1953 г. Московского института цветных металлов и золота в течение восьми лет работал на производстве, где прошел все ступени роста от сменного мастера до технического руководителя Токурской золотоизвлекательной фабрики «Амурзолото», а с 1963 г. связал свою трудовую деятельность с ЦНИГРИ. Под его руководством и при непосредственном участии вначале в г. Богородишке, а затем в г. Туле в составе Тульского отделения ЦНИГРИ были созданы полупромышленная обогатительная установка и научные лаборатории для технологической оценки руд и песков благородных, цветных металлов и алмазов. Это позволило более масштабно проводить технологические исследования, что существенно повысило достоверность результатов при оценке руд и ускорило утверждение запасов месторождений.

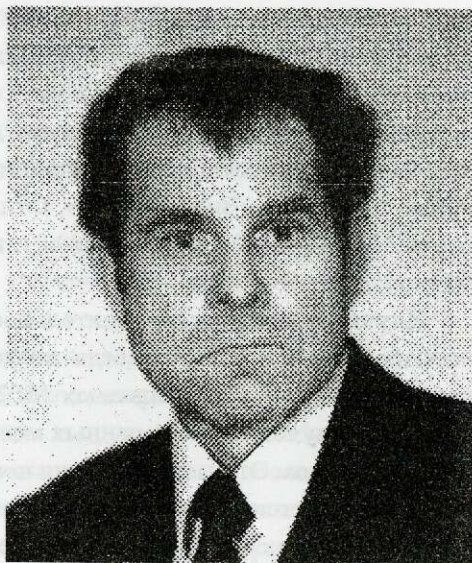
В 1970 г. А.И. Никулин был переведен в институт ВНИИпромзолото (г. Москва), где занимал должности заведующего лабораторией и заместителя директора института по научной работе. В эти годы он выполнял ряд научных исследований в творческом содружестве с ЦНИГРИ.

А.И. Никулин — высококвалифицированный специалист в области обогащения минерального сырья, обладающий хорошими организаторскими способностями. Под его научным руководством и при непосредственном участии выполнены десятки работ отраслевого и государственного значения: созданы эффективные технологии переработки золотых и комплексных руд более 20 золоторудных месторождений (Мурунтау, Олимпиадинское, Ключус и др.) с подготовкой материалов для утверждения запасов в ГКЗ; он участвовал в проектировании и промышленном освоении золотоизвлекательных фабрик, в том числе и зарубежных; с соавторами разработал ряд методических рекомендаций по технологической оценке золото-содержащего сырья различного типа. В настоящее время А.И. Никулин занимается разработкой новых экологически чистых технологий извлечения золота из руд и песков с широким внедрением в технологические схемы современных центробежных аппаратов, в том числе и созданного при его участии высокоэффективного концентратора «Бегущая волна».

А.И. Никулин — автор более 150 научных трудов, имеет 16 авторских свидетельств на изобретения, награжден орденом «Знак Почета», двумя медалями, знаками «Отличник разведки недр», «Ветеран труда золото-платиновой промышленности», «Изобретатель СССР», медалями и дипломами ВДНХ, почетными грамотами Мингео СССР, ЦНИГРИ.

Все, кому довелось работать с А.И. Никулиным, ценят его высокий профессионализм, огромное трудолюбие, требовательность к себе, доброжелательность и отзывчивость.

Сердечно поздравляем Александра Ивановича с 70-летием, желаем ему крепкого здоровья, долголетия и новых творческих успехов.



Ученый Совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала



**ГЕОРГИЮ ВЛАДИМИРОВИЧУ РУЧКИНУ**

— известному исследователю рудных месторождений докембрия, одному из видных организаторов отраслевой геологической науки, доктору геолого-минералогических наук, академику МАНР, кавалеру ордена «Знак Почета», Отличнику разведки недр — 13 февраля 2000 г. исполнилось 60 лет.

Научно-практическая деятельность Г.В.Ручкина началась в 1965 г., когда после окончания кафедры полезных ископаемых МГУ он принял участие в изучении колчеданных месторождений Южного Урала. Эти исследования послужили основой кандидатской диссертации «Геология и особенности генезиса медноколчеданных месторождений Блявинского рудного поля», 1968 г.

Проблемы генезиса, метаморфизма и регенерации руд колчеданных месторождений исследовались Г.В.Ручкиным в течение многих лет (1968—1972 гг. в ГИНе РАН, 1972—1983 гг. в ЦНИГРИ). По итогам изучения докембрийских образований Карелии, Прибайкалья и Юго-Восточной Якутии им были разработаны основы прогноза, поисков и оценки древних месторождений колчеданного семейства. Значительный вклад Г.В.Ручкин внес в изучение и подсчет запасов уникального, одного из крупнейших в мире, Холоднинского колчеданно-полиметаллического месторождения (Бурятия), в оценку свинцово-цинкового месторождения Сардана (Якутия).

Обширный фактографический материал, накопленный за эти годы, и высокий научный уровень теоретических обобщений легли в основу докторской диссертации (1980 г.) и монографии «Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия» (1984 г.).

В 1983 г. Коллегия Мингео СССР назначила Г.В.Ручкина директором ДВИМСа (Хабаровск), где им был реализован комплекс научно-организационных мер по реформированию института и повышению эффективности и практической направленности его деятельности. В 1987 г., с началом внедрения в отрасли новых хозяйственных механизмов, он был назначен директором ВИЭМСа, в котором обеспечил выполнение комплекса работ по организации и внедрению отраслевой хозрасчетной системы, в первую очередь, в научно-исследовательских институтах.

В 1989 г. Г.В.Ручкин принял решение перейти на научно-исследовательскую работу и возвратился в ЦНИГРИ. В настоящее время он руководит отделом металлогении и прогноза месторождений цветных и благородных металлов. Под его руководством и при непосредственном участии разрабатываются научно-методические основы комплексной оценки рудоносности осадочных бассейнов, анализируются закономерности формирования и размещения месторождений цветных и благородных металлов на территории Карелии, Забайкалья, Дальнего Востока, Украины.

За последние годы при активном участии Г.В.Ручкина составлены Комплект карт экзогенной золотоносности и платиноносности России и Карты прогнозно-металлогенического и геолого-экономического районирования территории Забайкалья и Дальнего





Востока». Им выполнена серия прикладных разработок по методам и методикам прогноза и поисков месторождений применительно к задачам ГСР-200.

Г.В.Ручкин ведет большую научно-организационную работу; участвует в деятельности ряда Ученых и Научно-методических советов отрасли; является заместителем главного редактора журнала «Отечественная геология», член редколлегии журнала «Руды и металлы».

Результаты научных исследований Г.В.Ручкина отражены более чем в 200 публикациях, в том числе в десяти монографиях. Среди его учеников 12 кандидатов геолого-минералогических наук.

Георгий Владимирович принимает активно участие в геологических исследованиях на международном уровне. В различные годы в качестве эксперта он работал в Алжире, Аргентине, Китае, Конго, Перу, Судане, Чили, Швеции и других странах. Неоднократно выступал с докладами на международных геологических конгрессах и симпозиумах.

Поздравляя Георгия Владимировича с юбилеем, желаем ему больших творческих успехов, сохранения геологического задора и стремлений к новым открытиям во благо отечественной геологии.

*Коллегия МПР РФ  
Ученый Совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

Поздравляем с юбилеем **НИНУ ГРИГОРЬЕВНУ БАРАНОВУ**, с 1986 г. бессменного заместителя отдела аналитических исследований ЦНИГРИ. Н.Г. Баранова сумела организовать слаженную и бесперебойную работу аналитического отдела. За добросовестную и безупречную работу она награждена медалью «Ветеран труда».

Желаем Нине Григорьевне крепкого здоровья, успехов в работе и удач.

*Ученый Совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

**БРОВКИНУ ВАЛЕРИЮ ИВАНОВИЧУ**, кандидату технических наук, старшему научному сотруднику отдела инженерно-технического и геофизического обеспечения ГРР, исполняется 60 лет.

Окончив в 1962 г. геологический факультет МГУ, В.И. Бровкин участвовал в Якутии, Воркуте и на Урале в разработках и опробовании новых электромагнитных методов ЭПП и ЧЭЗ, созданных в ЦНИГРИ, уникального ядерно-радиометрического метода и аппаратуры. В 1975 г. защитил кандидатскую диссертацию. Сейчас ведет научную работу по разработке методов геофизического обеспечения скважинной гидродобычи россыпного золота. Он — автор 27 опубликованных научных статей и докладов, пяти изобретений.

Поздравляем Валерия Ивановича с юбилеем, желаем доброго здоровья и дальнейших успехов в работе.

*Ученый Совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



Поздравляем с юбилеем **ОЛЬГУ ВАСИЛЬЕВНУ МИНИНУ**, старшего научного сотрудника отдела металлогении и прогноза месторождений цветных и благородных металлов. О.В. Минина внесла большой вклад в изучение медно-порфировых и медноколчеданных месторождений Южного Урала, Забайкалья и Дальнего Востока.

Желаем Ольге Васильевне крепкого здоровья и дальнейших успехов в изучении рудных месторождений.

*Ученый Совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

**АЛЕКСАНДРУ ИЛЬИЧУ РОМАНЧУКУ**, заведующему отделом обогащения минерального сырья ЦНИГРИ, кандидату технических наук, исполнилось 50 лет.

С 1982 г. после окончания МИСиСа и аспирантуры института, четырех лет работы в НПО «Тулачермет» Александр Ильич работает в ЦНИГРИ в должностях старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией обогащения комплексных руд, а с 1993 г. — заведующего отделом обогащения.

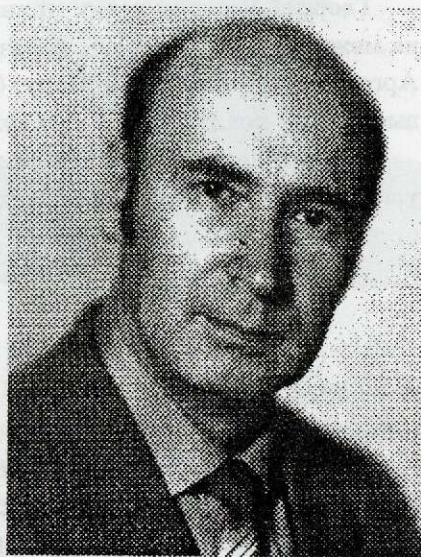
В течение ряда лет А.И. Романчук является научным руководителем общегосударственной комплексной программы исследования и использования Мирового океана. Под его руководством и при непосредственном участии разработана защищенная рядом патентов эффективная технология переработки глубоководного железомарганцевого сырья Мирового океана, которая получила призовое место в международном конкурсе стран-участниц СЭВ и использовалась при составлении технико-экономических соображений о возможности промышленного освоения месторождений железомарганцевых конкреций и кобальтомарганцевых корок.

В последние годы под руководством А.И. Романчука разработаны научно-методические основы технологической оценки месторождений с мелким и тонким золотом, проведена технологическая оценка золотоносности месторождений песчано-гравийных материалов центральных районов европейской части России, опробовано около 20 действующих горно-обогатительных комбинатов и предложена эффективная технология попутного извлечения золота, рекомендованная к внедрению на Вяземском ГОКе.

А.И. Романчук — автор почти 100 научных работ и изобретений. Он постоянно пропагандирует достижения института, выступает с докладами на международных и отечественных симпозиумах, выполняет большую научно-организационную работу, будучи экспертом рабочей группы СО «Интерокеанметалл». Он — хороший организатор, умело руководит и направляет научную и производственную деятельность отдела. Большое трудолюбие, ответственность и принципиальность снискали ему авторитет и уважение в коллективе.

Сердечно поздравляем Александра Ильича с юбилеем и желаем ему крепкого здоровья, дальнейшего творческого роста, благополучия, личного счастья.

*Ученый Совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*





## Памяти Давида Иосифовича Горжевского

20 февраля 2000 г. на 84 году ушел из жизни Давид Иосифович Горжевский — доктор геолого-минералогических наук, профессор, почетный академик МАМР. Давид Иосифович был талантливым ученым-геологом в области металлогении и рудно-формационного анализа, крупнейшим знатоком рудных месторождений. Вся его творческая жизнь была посвящена созданию и укреплению минерально-сырьевой базы нашего Отечества, исследованию горно-рудных районов Средней Азии, Восточного Забайкалья, Рудного Алтая, Большого и Малого Кавказа, Центрального Казахстана, Прибайкалья, Якутии, Дальнего Востока.

Особое место в геологической деятельности Давида Иосифовича занимает его работа по изучению металлогении и полиметаллических месторождений Рудного Алтая. При его участии и руководстве в 1949—1954 гг. составлена геологическая карта главных рудных районов Рудного Алтая м-ба 1:200 000, которая легла в основу научного прогноза, способствовавшего открытию новых свинцово-цинковых месторождений в этом старейшем горно-рудном районе страны. Здесь оттачивался его талант организатора и научного руководителя крупных коллективов научно-исследовательских и производственных организаций, нацеленных на решение важнейших прогнозно-металлогенических задач. Именно эти работы, выполненные под его руководством в 1971—1978 гг., знаменовали новый крупный этап в изучении Рудного Алтая и легли в основу коренной переоценки всей провинции. В этот период был открыт ряд полиметаллических месторождений и укреплена минерально-сырьевая база страны. За организацию и проведение такой работы Д.И. Горжевский удостоен Государственной премии СССР. В дальнейшем опыт руководителя прогнозно-металлогеническими исследованиями успешно был перенесен им и на другие провинции.

Работы Давида Иосифовича по прогнозу, поискам и оценке свинцово-цинковых месторождений широко известны. Не менее продуктивны теоретические и методические разработки Д.И. Горжевского по связям рудных месторождений благородных, цветных, черных и других металлов с геологическими формациями, по основам рудно-формационного и структурно-металлогенического анализов.

В последние годы Давид Иосифович с присущей ему настойчивостью и скрупулезностью разрабатывал новую научную проблему — парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов, а также продолжал развивать основы





рудно-формационного анализа применительно к месторождениям осадочных бассейнов и их типизации.

Много лет Д.И. Горжевский был главным куратором Министерства геологии СССР по свинцу и цинку и консультантом геологических работ в странах СЭВ и неоднократно представлял отечественную науку за рубежом. Его научная деятельность всегда сочеталась с работой по подготовке научных кадров. Он воспитал плеяду кандидатов и докторов наук. Д.И. Горжевский — автор более 300 статей, методических руководств и монографий. Его труд был отмечен многими правительственными и отраслевыми наградами.

Давид Иосифович Горжевский обладал большим творческим потенциалом, огромным трудолюбием и глубокой эрудицией, что в сочетании с бескорыстностью, человеческой доброжелательностью и тактом снискало ему глубокие симпатии всех, кто с ним общался.

Светлая память о Давиде Иосифовиче навсегда сохранится в сердцах его коллег, соратников, учеников и друзей.

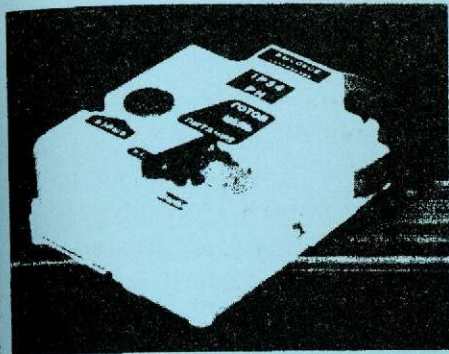
*Коллегия МПР РФ  
Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*





**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ**

**Новый мощный конденсаторный взрывной прибор КВП-2/200**



**Контактный телефон  
(095) 978-99-43**

Взрывной прибор КВП-2/200 разрешен Госгортехнадзором России (Решение № 542-ЭН от 29.05.97 г.) к постоянному применению на открытых и подземных работах в условиях, не опасных в отношении взрыва газа и пыли.

Прибор обладает высокой эксплуатационной надежностью и безотказностью, не требует технического обслуживания в течение назначенного срока эксплуатации кроме проверки работоспособности, подзарядки аккумуляторов или смены гальванических элементов в блоке питания.

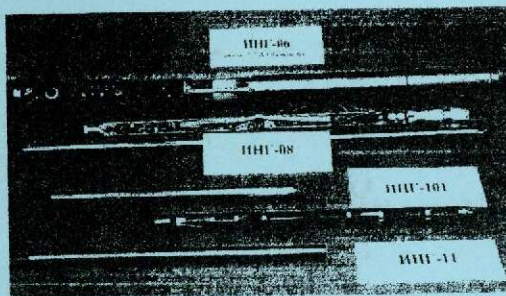
**Технические характеристики КВП-2/200**

Максимальное число взрываемых ЭД:		
пониженной чувствительности ( $R_{эд}=0,5 \text{ Ом}$ )		100
нормальной чувствительности ( $R_{эд}=3,0 \text{ Ом}$ )		570
Назначенный ресурс включений		10 000

**Импульсные нейтронные генераторы и аппаратура на их основе**

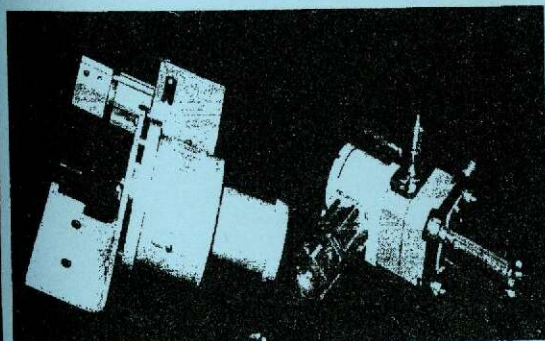
Импульсные нейтронные генераторы различного назначения обеспечивают импульсное нейтронное излучение в широком диапазоне потока, частот генерации и длительности импульсов. Выпускается специальная аппаратура на основе нейтронных генераторов для использования в следующих основных направлениях:

- каротаж нефтегазовых скважин;
- нейтронно-радиационный анализ;
- исследования по физике ядерных реакторов и критических элементов;
- контроль содержания ядерных материалов.



**Контактный телефон  
(095) 978-22-24**

**Датчики и сигнализаторы давления**



**Контактный телефон  
(095) 281-52-24**

Взрывозащищенные датчики и сигнализаторы давления предназначены для эксплуатации в составе систем контроля и управления технологическими процессами в газовой, нефтяной, химической и других областях промышленности. Датчики давления предназначены для непрерывного преобразования избыточного давления или перепада давлений жидкостей и газов в унифицированный выходной сигнал постоянного тока в системах контроля и управления давлением.

Сигнализаторы давления предназначены для коммутации электрических цепей при достижении заданных значений давлений или перепада давлений.

Всероссийский НИИ автоматики  
Адрес: Россия, 101000 Москва, Моспочтамт, а/я 918  
Телефоны (095) 978-12-68, 978-78-03  
Факс (095) 978-09-03



## ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

При оформлении статей необходимо руководствоваться следующими правилами.

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

2. Рисунки и другие графические материалы (не более 4) прилагаются к статье в двух экземплярах. На оборотной стороне каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формат страницы журнала. Рисунки принимаются на дискетах с распечаткой на бумаге. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: TIFF bitmap (\*.tif), Paint Brush (\*.pcx), Encapsulated Post Script (\*.eps), Corel Draw (\*.cdr), Диаграмма Microsoft Excel (\*.xls). Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстрационного материала должно обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения (плакатный вариант). Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Цветные рисунки и фотографии не принимаются. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

3. Математические формулы и химические символы вписываются в текст четко от руки тушью или черными чернилами. Во избежание ошибок следует тщательно писать буквы, имеющие сходные как прописные (подчеркнуть двумя линиями снизу), так и строчные (подчеркнуть сверху) начертания (V, S, O, M, P, Z). Греческие буквы обводятся красным карандашом, латинские — синим (кроме символов химических элементов). Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 20.

4. Точность приведенных цитат заверяется подписью автора на полях рукописи; обязательно указывается источник по списку литературы.

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

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

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