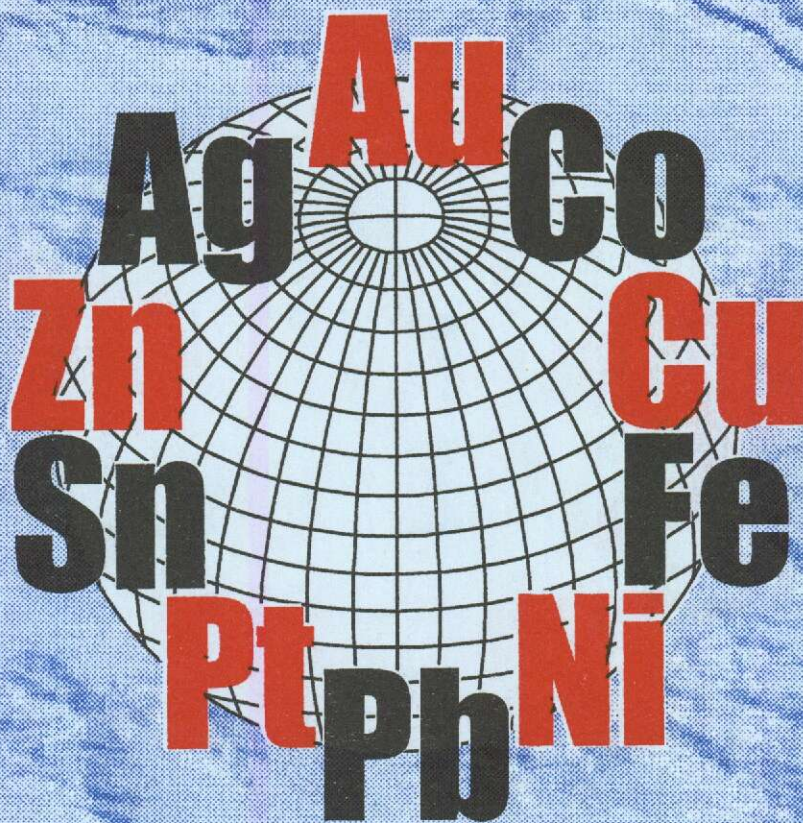


РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



ЦНИГРИ МПР России

Главный редактор
И.Ф. Мигачёв



2/2003

ISSN 0869-5997



РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



2/2003

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.МИГАЧЕВ

Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э.К.БУРЕНКОВ
В.И.ВАГАНОВ
С.С.ВАРТАНЯН
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
Г.В.РУЧКИН
Ю.Г.САФОНОВ
Г.В.СЕДЕЛЬНИКОВА
В.И.СТАРОСТИН
И.А.ЧИЖОВА



УЧРЕДИТЕЛЬ

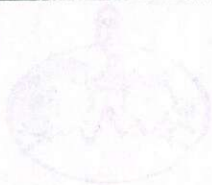
**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
(ЦНИГРИ)**

Издается при участии

Международной академии минеральных ресурсов,

Фонда им. академика В.И.Смирнова

Москва ЦНИГРИ 2003



РУДЫ и МЕТАЛЛЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

СЕРИЯ «МЕТАЛЛУРГИЯ»



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

Сдано в набор 15.03.2003 г.
Подписано в печать 14.05.2003 г.
Тираж 430 экз.

Формат 185×270 1/8
Бумага офсетная № 1
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»

Из официальных источников	5	From official Sources
Год Казахстана в России		Year of Kazakhstan in Russia
От редколлегии	9	From the Editors
<i>Нарсеев В.А.</i> Казахстанская геология в конце XX века — дела и люди	11	<i>Narseev V.A.</i> Kazakh geology in late XX century — facts and people
<i>Бекжанов Г.Р.</i> Крупные и сверхкрупные месторождения: особенности локализации и прогнозирова- ния	15	<i>Bekzhanov G.R.</i> Large and giant deposits: peculiarities of locali- zation and forecasting
<i>Рафаилович М.С.</i> Платиноносность недр Казахстана	19	<i>Rafailovich M.S.</i> Platinum potential of Kazakhstan's subsurface
Прикладная металлогения и недро- пользование		Applied Metallogeny and the Subsurface Use
<i>Кац А.Я., Михайлов Б.К., Райхлин А.И.</i> Рыночный метод экспресс-оценки место- рождений, запасы которых приняты на госу- дарственный баланс	30	<i>Kats A.Ya., Mikhailov B.K., Raikhlin A.I.</i> Market-based method of prompt appraisal of mi- neral deposits with reserves confirmed by State Commission
<i>Эпштейн Ю.А., Листков А.Г., Кочергин Д.И., Черепанов А.В., Бенца М.И.</i> Возраст продуктивного оруденения Таймы- ро-Североземельской золотоносной провин- ции	40	<i>Epshtein Yu.A., Listkov A.G., Kochergin D.I., Che- repanov A.V., Bentsa M.I.</i> Age of productive mineralization within the Tai- myr-Severnaya Zemlya gold-bearing province
<i>Гадиятов В.Г., Маршанцев В.К., Тыллар Ю.Г., Павлов В.И.</i> Алмазы в эффузивных коматиитах Олон- динского зеленокаменного пояса	47	<i>Gadiyatov V.G., Marshintsev V.K., Tyllar Yu.G., Pavlov V.I.</i> Diamonds in effusive komatiites within the Olon- dinsky greenstone belt
<i>Вороняева Л.В.</i> Геологическое строение и золотоносность позднеархейской Устойярвинской гранит-зе- ленокаменной зоны, северо-запад Кольско- го полуострова	51	<i>Voronyaeva L.V.</i> Geology and gold potential of the Ustoyarvinsky granite — greenstone zone of Late Archean age, North-West Kola peninsula

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

Абрамов В.Ю., Кеворкянц С.С.

О новой методике интерпретации результатов наземного радиоволнового зондирования

63

Methods and Methodology of Prediction, Prospecting, Evaluation and Exploration of Mineral Deposits

Abramov V.Yu, Kevorkyants S.S.

On a new methodology of interpretation of ground radioscapy data

Усманов Ф.А., Маринова С.Т., Юлдашев О.А.
Метод экстраполяции плотности размещения рудных объектов для их количественного прогнозирования

68

Usmanov F.A., Maripova S.T., Yuldashev O.A.

Method of extrapolating distribution density of ore targets for their quantitative forecasting

Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ

Холмогоров А.Г., Пашков Г.Л., Михлин Ю.Л., Михлина Е.В., Шашина Л.В., Колесниченко Г.В.
Низкотемпературное вскрытие сульфида свинца в системе $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}]$

78

Kholmogorov A.G., Pashkov G.L., Mikhlin Yu.L., Mikhlina E.V., Shashina L.V., Kolesnichenko G.V.
Low-temperature disclosure of lead sulphide in the $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}]$ system

Кутуева О.В., Марков С.Н., Ястребков А.Ю.
О перспективах подземного скважинного выщелачивания меди из месторождений медистых песчаников Предуралья

80

Kutueva O.V., Markov S.N., Yastrebkov A.Yu.

On the prospects of underground borehole leaching of copper from Pre-Ural cupriferous sandstone deposits

Новости, информация

Семинар «Проблемы организации научно-методического обеспечения геолого-поисковых работ», Москва, ЦНИГРИ, 14 мая 2003 г.

87

News, information

Seminar «Problems of the management of scientific and metodological support of geological prospecting», Moscow, TsNIGRI, May 14, 2003

ИЗ ОФИЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

РАСПОРЯЖЕНИЕ от 21 апреля 2003 г. № 494-р

1. Утвердить прилагаемые Основы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования.

2. МПР России совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти организовать работу по реализации Основ государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования.

Председатель Правительства Российской Федерации

М.Касьянов

Основы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования

Россия располагает крупнейшим минерально-сырьевым потенциалом и является одним из ведущих мировых производителей минерального сырья. В то же время минерально-сырьевая база страны обладает относительно низкой инвестиционной привлекательностью из-за неблагоприятного географо-экономического размещения многих месторождений полезных ископаемых и относительно низкого качества минерального сырья, его низкой конкурентоспособности в современных экономических условиях. Отсутствует долгосрочная государственная стратегия в области изучения недр, воспроизводства минерально-сырьевой базы и технического перевооружения предприятий по добыче и первичной переработке полезных ископаемых. Указанные негативные факторы в ближайшее время могут привести к существенным затруднениям в функционировании минерально-сырьевого комплекса, замедлению экономического развития и снижению уровня обеспечения безопасности страны.

Проведение Россией эффективной политики в сфере рационального использования минерально-сырьевой базы требует учета последствий глобализации мировой экономики, прогнозируемого роста потребления минерально-сырьевых ресурсов в XXI веке и является важнейшим условием обеспечения структурной перестройки и модернизации экономики и последовательного повышения благосостояния населения. Настоящий документ определяет цели, принципы и задачи государственного регулирования соответствующих видов деятельности, а также направления совершенствования системы управления минерально-сырьевым комплексом и государственным фондом недр России. Для решения поставленных задач разработан план мероприятий по реализации Основ государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования согласно приложению.

1. Цели и принципы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования.

Основными целями государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования являются:

обеспечение воспроизводства и эффективного освоения минерально-сырьевой базы Российской Федерации в целях обеспечения устойчивого экономического развития России, повышения благосостояния ее граждан;

организация рационального и комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов в интересах нынешних и будущих поколений граждан Российской Федерации;

защита геополитических интересов России, в том числе на мировом рынке минерального сырья.

Государственная политика в области использования минерального сырья и недропользования основывается на следующих принципах:

сохранение государственной собственности на недра и содержащиеся в них минерально-сырьевые ресурсы;

регулирование развития и использования минерально-сырьевого комплекса страны в соответствии с долгосрочной государственной стратегией, среднесрочными и краткосрочными программами геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы, разрабатываемыми на основе долгосрочного (на перспективу до 25–50 лет) прогнозирования уровней потребления основных видов минерального сырья;

предоставление прав пользования недрами на состязательной (аукционной, конкурсной) основе;

формирование федерального фонда резервных месторождений полезных ископаемых, в том числе углеводородного сырья (фонда минерально-сырьевых ресурсов для будущих поколений);

совершенствование системы налогов и платежей, связанных с использованием недрами, в целях обеспечения справедливого распределения между государством и недропользователями доходов от использования ресурсов недр, находящихся в государственной собственности, создания благоприятных экономических условий для функционирования минерально-сырьевого комплекса России, поддержания его конкурентоспособности на мировом рынке;

установление четкого разграничения полномочий между Российской Федерацией и субъектами Российской Федерации в сфере использования и охраны недр;

стимулирование перехода экономики Российской Федерации на ресурсосберегающие технологии, рациональное и комплексное использование минерального сырья при его добыче и переработке;

совершенствование практики реализации соглашений о разделе продукции для освоения месторождений полезных ископаемых, в том числе расположенных на континентальном шельфе и на территориях регионов с отсутствующей производственной инфраструктурой, применение таких соглашений в исключительных случаях при отсутствии претендентов на разработку участков недр на условиях обычного налогового режима, усиление государственного контроля за исполнением указанных соглашений.

2. Совершенствование нормативной правовой базы в области использования минерального сырья и недропользования.

Для реализации государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования необходимо обеспечить совершенствование законодательства о недрах, обратив особое внимание на правовое регулирование следующих аспектов деятельности в сфере недропользования:

предоставление в пользование участков недр на основе административных и гражданско-правовых механизмов, включая договоры концессий и другие формы договорных отношений;

четкое распределение между Российской Федерацией и субъектами Российской Федерации полномочий в области управления недропользованием;

закрепление в лицензиях, лицензионных соглашениях и договорах на пользование участками недр обязательств недропользователя по этапам и срокам освоения месторождений, выполнению объемов и видов работ, связанных с использованием недрами;

применение экономических и правовых санкций к недропользователям, нарушающим условия пользования недрами, в том числе санкций за умышленную консервацию месторождений полезных ископаемых;

признание работ по разведке месторождений полезных ископаемых самостоятельным видом пользования недрами, финансируемого в том числе из федерального бюджета;

стимулирование применения лучших технологий разведки и добычи полезных ископаемых, минимизации негативного воздействия на окружающую среду при проведении геологоразведочных и горных работ;

развитие системы государственного мониторинга геологической среды;

создание эффективной системы государственного контроля за проведением геологоразведочных и добычных работ, за выполнением условий лицензий и договоров на право пользования участками недр;

совершенствование государственной экспертизы результатов геологоразведочных работ и системы учета запасов полезных ископаемых;

разработка новых и корректировка действующих стандартов, норм и правил в сфере недропользования и охраны окружающей среды с учетом общепризнанных принципов и норм международного права;

обязательность государственной экспертизы проектной документации на разработку месторождений полезных ископаемых;

обеспечение гарантий соблюдения интересов государства и недропользователя.

3. Совершенствование системы управления государственным фондом недр.

В целях совершенствования системы управления государственным фондом недр необходимо четкое распределение полномочий между федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации путем:

закрепления за федеральными органами исполнительной власти функции стратегического планирования развития минерально-сырьевого комплекса Российской Федерации и основных регулирующих и контрольных функций;

распределения исполнительно-распорядительных функций между федеральными органами государственной власти и органами государственной власти субъектов Российской Федерации;

усиления системы государственного контроля за геологическим изучением и использованием недр;

расширения практики проведения открытых аукционов, связанных с предоставлением прав пользования недрами для геологического изучения, разведки и добычи полезных ископаемых;

разработки мер по повышению экономической ответственности недропользователя за невыполнение инвестиционных обязательств и неэффективное использование предоставленных в пользование участков недр.

4. Организационные мероприятия в области использования и воспроизводства запасов минерального сырья и обеспечения эффективной работы добывающей промышленности.

Важной составной частью реализации государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования являются федеральные целевые программы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы страны, для выполнения которых необходимо осуществление следующих мероприятий:

разработка политики в области использования минерально-сырьевых ресурсов на длительную перспективу (20, 30, 50 лет);

анализ и оценка перспектив внутреннего потребления, экспорта, импорта минерального сырья и разработка предложений по покрытию дефицита соответствующего вида минерального сырья;

разработка мер по созданию стратегических государственных запасов минерального сырья, в том числе запасов пресных подземных вод, по формированию необходимых и достаточных объемов складских запасов стратегических видов минерального сырья;

своевременное и регулярное финансирование из средств федерального бюджета геологических исследований, проводящихся в интересах обороны и безопасности страны, в целях прогнозирования, выявления и оценки минерально-сырьевых ресурсов в малоизученных районах, поиска и разведки стратегических видов минерального сырья, обеспечения потребностей отраслей промышленности в геологической информации о недрах, а также прогнозирования геологических процессов, опасных для жизни и здоровья населения;

контроль и оценка состояния минерально-сырьевой базы;

стимулирование деятельности добывающих компаний по проведению работ, направленных на получение прироста запасов полезных ископаемых, в том числе за счет бюджетных средств. В целях обеспечения эффективной работы предприятий добывающей промышленности необходимо осуществлять:

содействие формированию добывающих компаний, имеющих высококонкурентную способность на мировом рынке добычи и переработки минерального сырья;

расширение участия предприятий малого и среднего бизнеса в деятельности в области использования минерального сырья и недропользования;

использование различных форм государственной поддержки и защиты интересов российских добывающих компаний при выходе их на мировой рынок, а также российских добывающих компаний, участвующих в реализации крупных инвестиционных проектов, связанных с освоением минерально-сырьевых ресурсов, в том числе за пределами Российской Федерации.

ПРИЛОЖЕНИЕ

к Основам государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования

**План
мероприятий по реализации Основ государственной политики в области использования
минерального сырья и недропользования**

№№ п/п	Мероприятия	Ответственные исполнители	Сроки исполнения
<i>I. Совершенствование нормативной правовой базы в области использования минерального сырья и недропользования</i>			
1	Разработка новой редакции проекта федерального закона «О недрах»	МПП России, Минэкономразвития России, Минэнерго России, Госгортехнадзор России, Минпромнауки России, Минфин России	I полугодие 2003 г.
2	Подготовка предложений по внесению изменений и дополнений в Налоговый кодекс РФ с целью совершенствования системы налогообложения недропользователей	Минфин России, Минэкономразвития России, МПП России, МНС России, Минэнерго России, Минпромнауки России, Госгортехнадзор России	2003–2004 гг.
3	Разработка и утверждение классификаций запасов полезных ископаемых и прогнозных ресурсов, соответствующих международным стандартам	МПП России, Минэнерго России, Минпромнауки России	II квартал 2003 г.
4	Разработка проектов нормативных правовых актов, регулирующих организацию единой системы государственной экспертизы запасов полезных ископаемых в целях обеспечения количественной и качественной оценки минерального сырья	МПП России, Минэкономразвития России, Минэнерго России, Минпромнауки России	2003 г.
5	Разработка экономических, правовых и организационных мер, обеспечивающих привлечение государственных и негосударственных средств для финансирования поиска и разведки месторождений полезных ископаемых	МПП России, Минэнерго России, Минэкономразвития России, Минпромнауки России	IV квартал 2003 г.
6	Разработка и утверждение в установленном порядке нормативных правовых актов, регламентирующих порядок геологического изучения недр	МПП России, Минэнерго России, Минпромнауки России	IV квартал 2003 г.
7	Разработка и утверждение в установленном порядке нормативных правовых актов, регламентирующих порядок разработки месторождений полезных ископаемых (включая вопросы обустройства)	Минэнерго России, Минпромнауки России, МПП России, Госгортехнадзор России	IV квартал 2003 г.
<i>II. Совершенствование системы управления государственным фондом недр</i>			
8	Разработка долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья в рамках федеральной целевой программы «Экология и природные ресурсы России (2002–2010 гг.)»	МПП России, Минэнерго России, Минпромнауки России, Минатом России, Минэкономразвития России	II квартал 2004 г.
9	Создание современной научно-производственной структуры геологической службы для решения государственных задач по геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы	МПП России	2003 г.
10	Разработка программ исследований по прогнозу геологических опасных явлений	МПП России	2003 г.

ГОД КАЗАХСТАНА В РОССИИ

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

Провозглашение 2003 г. «Годом Казахстана в России» заставило многих геологов вспомнить о единой многонациональной отечественной геологической службе, трудами которой созданы мощные минерально-сырьевые базы — опора современной экономики и Российской Федерации, и Республики Казахстан.

Об успехах деятельности отечественной геологической службы в Казахстане свидетельствует присуждение высших наград страны за открытие рудных месторождений людям разных национальностей, отдававших свои знания и труд нашему общему геологическому делу.

Лауреаты Ленинской премии в области науки и техники

1957 г.

Открытие и разведка Сарбайского и Соколовского железорудных месторождений в Казахстане

**БАТИЩЕВ-ТАРАСОВ Степан Дмитриевич, ГОРЮНОВ Сергей Васильевич,
КОЧЕРГИН Иван Андреевич, НОСИКОВ Вячеслав Петрович,
ПЯТУНИН Валентин Карпович, РОДИН Олег Федорович,
СУРГУТАНОВ Михаил Григорьевич, ТОПОРКОВ Дмитрий Дмитриевич**

1959 г.

Открытие свинцовых месторождений в Центральном Казахстане

**БУРШТЕЙН Ефим Фалькович, ИВАНОВ Вадим Нестерович,
КУДЕНКО Александр Андреевич, МЯГКОВ Василий Михайлович,
НЕМОВ Евгений Алексеевич, СЫРОМЯТНИКОВ Игорь Сергеевич**

1963 г.

Открытие и разведка месторождения полиметаллических руд на Алтае

**ЛИХОДЕД Виктор Яковлевич, МАЛЫГИН Адольф Андреевич,
МАНЬКОВ Борис Васильевич, ПОПОВ Виктор Васильевич,
САВЧЕНКО Дмитрий Тимофеевич, СЕЛИФОНОВ Евгений Михайлович**

Лауреаты Государственной премии СССР в области науки и техники

1970 г.

Открытие и разведка в Южно-Кемпирсайском горно-рудном районе новых крупных месторождений хромитов и создание уникальной сырьевой базы хромитовых руд в СССР

БРОДОВОЙ Владимир Васильевич, КИСЕЛЕВ Леонид Иванович,
КНИЖНИК Ефим Иосифович, МИЛЕЦКИЙ Борис Ефимович,
МОРОЗОВ Михаил Дмитриевич, РОГОЖИН Иннокентий Дмитриевич,
СЕГАЛОВИЧ Валентин Ильич, СТЕПАНОВ Евгений Петрович,
ШУЛЬГИН Михаил Федорович

1977 г.

Открытие, высокоэффективная разведка и подготовка к промышленному освоению группы барит-свинцово-цинковых месторождений

БИГАЛИЕВ Магауя, БУЗМАКОВ Евлампий Игнатьевич,
ДУМЛЕР Леопольд Федорович, КАЙМИРАСОВА Танслу Гималовна,
ЛЫТКИН Виталий Андреевич, МУСИН Камал,
РОЖНОВ Анатолий Александрович, СЕРЕДА Валерий Яковлевич,
СТРОИТЕЛЕВА Антонина Васильевна, ЩИБРИК Владимир Ильич

1984 г.

Открытие и эффективная разведка бокситовых месторождений

БЕКЖАНОВ Гинаят Рахметуллич, ВЕНКОВ Дмитрий Андреевич,
ЕВЛАМПУЕВ Александр Тарасович, ЖАРМУХАМБЕТОВ Нурбай Нуртазинович,
КАЛЬМЕНЕВ Мухамеджан Атлашевич, КИРПАЛЬ Григорий Романович,
КЛЕНЧИН Николай Николаевич, НИЧИПУРЕНКО Анатолий Михайлович,
САГИТОВ Темиртан, ФАТХУТДИНОВ Дамир Хасанович

1985 г.

Цикл работ «Металлогения Казахстана и Комплексные исследования главнейших горно-рудных регионов», опубликованных в 1968–1983 гг.

АКИШЕВ Токиш Акишевич, НАРСЕЕВ Валерий Александрович

1986 г.

Создание новой сырьевой базы медной промышленности

ГОРИЧКИН Александр Петрович, КИМ Сергей Михайлович,
КЫДЫРБЕКОВ Латиф Умербекович, МИРОШНИКОВ Владимир Семенович,
ОСТАПЕНКО Руслан Николаевич, СЕРГИЙКО Юлий Андреевич,
ШТИФАНОВ Владимир Георгиевич, ЧЕРНЫШОВ Михаил Георгиевич,
ЮНУСОВ Бахитжан Ислямович

1988 г.

Открытие и разведка полиметаллических месторождений, обеспечивших улучшение сырьевой базы горно-металлургических комбинатов

ТРУБНИКОВ Лев Михайлович, ГОРЖЕВСКИЙ Давид Иосифович,
ЖАКСАЛЫКОВ Турсун Касымович, КИМ Николай Николаевич,
КРАВЦОВ Николай Иванович, КУДРЯВЦЕВ Анатолий Федорович,
КУДРЯШОВ Александр Маркович, ОЛЕЙНИК Юрий Федорович,
СЕЛИФОНОВ Евгений Михайлович, СТЕПАНОВ Александр Евгеньевич

1990 г.

Открытие и ускоренная разведка месторождения алмазов

БЕРЛИНСКИЙ Александр Ильич, ГОНЧАРЕНКО Виктор Егорович,
ГОРОХОВ Станислав Сергеевич, ЕДИГЕНОВ Беккуж Абилевич,
ЗАЯЧКОВСКИЙ Антон Алексеевич, ЗОРИН Юрий Михайлович,
ПОДКУЙКО Юрий Алексеевич

УДК 55 (574)

© В.А.Нарсеев, 2003

КАЗАХСТАНСКАЯ ГЕОЛОГИЯ В КОНЦЕ XX ВЕКА — ДЕЛА И ЛЮДИ**В.А.Нарсеев (ЗАО «Норит», г.Москва)**

На степных пространствах современного Казахстана горный промысел возник в неолите, когда добывался кремневый материал для изготовления наконечников стрел и копий, скребков, ножей и других орудий. В бронзовом веке на этой территории проводились обширные поиски меди и олова, о чем свидетельствуют повсеместные чудские выработки с каменными орудиями добычи и обработки руд (андроновская культура, 2-е тысячелетие до н.э.). Чудские выработки, порой очень значительные по размерам, можно легко обнаружить в районе медных месторождений Чатыркуля, Коунрада, Акбастау, а также оловянных месторождений Калбинского района. Можно с уверенностью сказать, что нет ни одного медного и оловянного месторождения, выходящего на поверхность Земли, где бы не было чудских выработок.

Древние так называемые монгольские выработки установлены на многих золоторудных (Бестюбе, Ешкеольмес, Акжал и др.) и золотороссыпных (реки Курчум, Буконь, Тентел и др.) месторождениях. До монгольского нашествия обрабатывались серебряные месторождения Каратау (район Туркестана).

С развитием горного дела на Урале, а затем в Западной Сибири начались интенсивные поиски и в прилегающих к России районах казахской степи. Поисковики Демидова открыли Змеиногорские месторождения, где добывалось золотистое серебро, а также месторождения Мугоджар (Жетыгара, Барамбаевские). Горные штейгеры в составе казачьих отрядов продвигались вдоль рек одновременно с картографированием, находили и оценивали рудные объекты, прежде всего, благородных металлов. Наличие металлов зафиксировано во многих названиях местности на казахском языке (Мыстобе, Жезказган, Алтын Тюбе, Алтынбулак, Алтынказган и т.п.).

В первые годы становления советской власти и предвоенные годы геологоразведочные работы велись в ряде районов Казахстана, что способствовало открытию многих полиметаллических месторождений Алтая (Риддер, Зырянское), Северного Казахстана (Степняк, Акбет, Жолымбет), Мугоджар (Мык, Каиндыаша и др.), Каратау (Ачисай, Кумысты, Байжансай, Сулеймансай), Прибалхашья (Коунрад), Калбы (Акжал, Балашал, Ретивый, Маралиха, Манка,

Карагоин, Убаредмет и др.). В результате этих работ, выполнявшихся представителями Геолкома РСФСР, а затем и СССР, было установлено, что территория Казахстана обладает огромными перспективами и требует целенаправленного изучения. Так возникли первые тресты как разведочного (Каззолоторазведка, Алтайцветметразведка, Казцветметразведка, нефтеразведочные конторы, угольные тресты и другие структуры), так и эксплуатационного назначения (Каззолото, Казолово, Алтайзолото, Ачполиметалл). В этот период разведаны и переданы промышленности десятки месторождений меди (Коунрад, Жезказган и др.), свинца и цинка (Ачисай, Риддер-Сокольное, Зырянское, Березовское, Белоусовское, Текелийское и др.), золота (Жолымбет, Степняк, Бестюбе, Акбет, Майкаин, Акжал, Лайлы, Экспе, Жетыгара и др.), олова и вольфрама (Палатцы, Каинды, Убаредмет, Чердоjak, Акчатау и др.), угля, нерудного сырья. Это была первая волна подъема уровня сырьевой базы, которая обеспечила высокий промышленный рост в годы довоенных пятилеток. Работы выполнялись кадрами первого поколения — специалистами, подготовленными Геолкомом, Томским, Свердловским, Ташкентским политехническими институтами. Успехи в создании и наращивании сырьевой базы связаны с именами К.И.Сатпаева, М.П.Русакова, Н.К.Мороzenко, Г.И.Водорезова, Н.Г.Кассина, Н.И.Курека, П.П.Булова, Г.Л.Кушева, Г.Н.Шавкина, П.И.Кутюхина и др.

Послевоенные годы ознаменовались небывалым ростом объема и качества геологоразведочных работ. Стала возрастать роль единой геологической службы страны. На территории Казахстана начали свою работу геолого-съемочные, а затем и поисково-разведочные организации центра — Казгеолуправления, экспедиции Треста № 1, ВАГТа, применявшие новые технологии и технику — дистанционные методы, аэрофотосъемку, геохимические поиски (металлометрия), радиометрию и др.

Работы проводились настолько интенсивно и грамотно, что открытия сыпались как из рога изобилия. Были выявлены и разведаны новые месторождения на Алтае (Николаевское, Иртышское, Лениногорское, Золотушинское, Бухтарминское и др.), в Калбе (Белогорское, Бакен-

ное, Асубулакская группа, Бакырчик), в Центральном Казахстане (гигантские штокерки Верхнего Кайракты, Жанет, Батыстау, богатейшие жилы Караобы, Саяк), в Каратау (Миргалымсай, Курумсақ и др.), в Чингизе (Акбастау, Мизек, Космурун и др.), в Кендыктасе (Чатыркуль, Жайсан и др.).

Реорганизация геологической службы — создание Мингео СССР, Мингео КазССР и территориальных геологических управлений (впоследствии объединений) — послужила дополнительным стимулом наращивания темпов роста сырьевой базы. Были созданы небывалые по запасам объекты — фосфоритоносный бассейн Каратау, угольные бассейны Экибастуза, новая железорудная провинция Тургая, новая бокситорудная провинция Аркалыка, золотые гиганты Бакырчик и Васильковка, Большой Джеккаган, уникальное месторождение технических алмазов Кумдыколь, гигантский Жайрем-Атасуйский бассейн стратиформных полиметаллических и железомарганцевых руд, хромитовый гигант Кемпирсай и др. Особо следует сказать об уране. Ударно, в течение 10 лет, силами специализированных экспедиций — Волковской, Степной, Красногорской и другими организациями в Казахстане были найдены, разведаны и переданы промышленности десятки месторождений, на которых возникли крупные комбинаты. Воистину мирового класса гидрогенные (ролловые) месторождения были разведаны в Чуилийской впадине.

Все эти удивительные открытия сделаны третьим поколением геологоразведчиков, в основном подготовленных в республике в Казахском горно-металлургическом институте и Казгосуниверситете, Щучинском и Семипалатинском техникумах. По-прежнему важная роль принадлежала выпускникам вузов Ленинграда, Москвы, Томска, Новосибирска, Иркутска. Передовой уровень теоретической подготовки и богатый практический опыт, взаимодействие с научными центрами страны и родственными организациями внутри Мингео СССР обеспечили высокую эффективность работ.

Я принадлежу как раз к третьему поколению геологов Казахстана, знаю всех первооткрывателей крупнейших месторождений, руководителей и многих рядовых исполнителей. Могу сказать, что очень редко складывались столь благоприятные условия обучения людей, роста их квалификации и уровня теоретической подготовки, как это было в 60–70-е годы XX в. в нашей стране.

Сложная и разнообразная геология, богатейшие недра, с одной стороны, и высочайший уровень квалификации естествоиспытателей-геологоразведчиков, с другой — обеспечили воз-

никновение казахстанской геологической школы, как мне кажется, одной из передовых не только в СССР, но и в мире. Для нее характерна, прежде всего, практическая направленность, насыщенность полевым фактическим материалом, т.е. примат наблюдения и факта. Другая особенность школы — системный опережающий анализ материалов и наблюдений, т.е. примат итерационного внутреннего (интуитивного) и контрольного внешнего (статистического) прогноза результатов любого проекта не только при составлении, но и в процессе его выполнения. Третья особенность — высокая методическая насыщенность производственных и научно-исследовательских работ, т.е. примат комплекса методов. Блистательные результаты геофизиков Казахстана органично вплетены в ткань успеха геологической службы всей страны; прикладная геохимия — на самом высоком уровне; технологическое картирование и изучение вещества, технологии обогащения с ранних стадий изучения объекта — очень характерные черты геологической школы Казахстана.

Четвертая важнейшая особенность — симбиоз науки и практики или практика, поднявшаяся до уровня и состояния науки. Дело в том, что и руководители, и рядовые инженеры всех поколений геологов Казахстана принадлежат к племени первопроходцев-романтиков, для которых геология не только, а может быть, и не столько работа как средство к существованию, сколько возможность выяснить устройство природы, т.е. возможность удовлетворить за счет государства любопытство исследователя. Вот это удовлетворение любопытства за казенный счет сегодня объявлено смертным грехом геолога (и ученого вообще). С разных трибун им твердят: «Тратить деньги вы умеете, научитесь их зарабатывать». Очнитесь, неопрагматики! Скажите, за счет чего живет общество сегодня, а та часть средств, которую вы умело перекачали на свои банковские счета, — откуда она? Это и есть плоды труда «тунеядцев» геологов.

Я вспоминаю своих друзей — живущих и ушедших. Разве можно упрекнуть в «тунеядстве» Феликса Летникова — выпускника Щучинского геологоразведочного техникума, а теперь ученого с мировым именем, академика РАН, когда он рассказывает о перспективах Кокчетавской «глыбы». Он знает (!), где лежат алмазы, а где тантал или золото. Он отдавал ранее эти знания всем, кто хотел это знать. И сегодня он владеет высшим знанием. Возьмите и пользуйтесь!

А кто видел глаза Антона Заячковского, бывшего начальника Кокчетавской ГРЭ, когда он говорит об алмазах Кумдыкуля. Так только о детях говорят — с любовью, заботой, восхище-

нием. И ничего ему, кажется, больше не надо, как смотреть на переливающуюся массу зеленых кристаллов, очищенных от графита способом, который он сам и придумал. Фантастичность открытия алмазов Кумдыкуля сегодня, по моему, не оценена до конца.

А чем, как ни глубоким знанием и пониманием природы, тонкой наблюдательностью, интуицией настоящего рудознатца можно объяснить тот факт, что Василий Глоба находит свободное видимое золото в рудах месторождения, где никто и никогда такого золота не наблюдал. И таких примеров можно привести сотни.

Но, похоже, эпоха романтизма заканчивается. Квазименеджеры провозглашают иные лозунги геологии. Стоит, видимо, на границе романтизма и неопрагматизма обернуться и посмотреть назад. Я оглядываюсь в надежде на то, что увиденное там будет матрицей для воспроизводства основ геологии в XXI в. А мутанты, всегда появляющиеся неожиданно, скажу грубо, долго не живут.

Так что же такое геология Казахстана в XX веке?

Казахстан — первый опыт составления прогнозно-металлогенической карты м-ба 1:500 000 на современной основе. Бурное развитие геолого-съёмочных, региональных геофизических и поисковых работ дало огромный новый материал о закономерностях размещения месторождений. Под руководством академика К.И.Сатпаева решалась немыслимая по объёму и сложности задача — построить металлогеническую карту Казахстана в м-бе 1:500 000 и на ее основе дать прогноз по основным видам твердых полезных ископаемых. В качестве основы была принята карта структурно-литологических комплексов, т.е. прообраз карты геологических формаций. Надо сказать, что в этот период (50-е годы) металлогенические карты обычно представляли собой схемы размещения месторождений (показанных в виде этаких разноцветных фонариков) на генерализованной геологической основе (Карта прогноза редких элементов СССР под редакцией А.И.Семенова, Карта золотонности СССР под редакцией Г.П.Воларовича). На новой карте выделялись характерные литолого-возрастные комплексы и структурные элементы, в первую очередь глубинные разломы. Была разработана единая генетическая (классическая) классификация месторождений с выделением минеральных типов. Карта была признана геологической общественностью и заслужила различного рода поощрений. За структурную карту отвечал Г.Ц.Медоев, за литологическую — Г.Ф.Ляпичев, за металлы — ведущие ученые по направлениям: черные металлы — И.П.Новохатский, цветные —

А.К.Каюпов, редкие — Г.Н.Щерба. К сожалению, карта была секретной, что ограничивало возможность ее более широкого, каждодневного использования. Она послужила стартовой площадкой для целой серии новых направлений. Так, одно из них — путь к карте геологических формаций (Г.Ф.Ляпичев, Л.А.Мирошниченко и др.) и структурно-формационных комплексов как основе металлогенических построений сначала с учетом геосинклиналиной концепции, а затем в последние годы — тектоники плит. Формационный анализ (геологические и рудные формации) себя, по моему мнению, почти исчерпал, и это направление сегодня в тупике. Тектоника плит пока еще не вышла за рамки чисто умственных конструкций, описываемых эклектичной терминологией. От нового понимания вулканического, вулканоплутонического и плутонического магматизма, в том числе под влиянием Ю.А.Кузнецова и Г.Л.Поспелова, произошли представления Г.Н.Щербы о вулканоплутонической модели оруденения Рудного Алтая, вызвавшие довольно напряженную дискуссию. Эти же корни, включая влияние Г.Л.Поспелова, Х.М.Абдуллаева, П.А.Шехтмана и др., имели более поздние представления П.Ф.Иванкина о рудно-магматических пучках.

Представление о глубинных разломах как о важнейших самостоятельных элементах геологического строения земной коры и верхней мантии породило понятие о так называемых зонах смятия (Г.Д.Ажгирей и П.Ф.Иванкин). На примере Иртышской зоны смятия доказывалась их важнейшая роль в металлогении и рудообразовании. Несмотря на выделение новых зон смятия — Северо-Восточной, Успенской и Кызыловской, развития эта идеология не получила, частично «переселившись» в пучки П.Ф.Иванкина. Концепция пучков была встречена геологами-рудниками с интересом, но широкого распространения не получила.

От понятия «глубинный разлом» произошла теория геотектоногенов Г.Н.Щербы, которая разрабатывалась в течение десятилетий, но практически широко не использовалась.

Семидесятые годы охарактеризовались возникновением и бурным развитием представлений о стратиформном оруденении атасуйского (свинец, цинк-железо, марганец), миргалимсайского (свинец-барит) и бакырчикского (золото-платиноиды) типов. Созвучные идеи высказывались узбекскими (В.Г.Гарьковец, С.Т.Бадалов и др.) и сибирскими (А.Л.Буряк, В.Д.Левицкий и др.) геологами. Сегодня данная концепция о полигенной природе стратиформных месторождений этих и других металлов общепринята.

Казахстанская геологическая школа характеризуется высоким уровнем картографического обеспечения. Изданы превосходные карты м-бов 1:1 000 000, 1:500 000, м-ба 1:200 000 (для всех рудных районов) и м-ба 1:50 000 (для важнейших рудных районов). Особо следует сказать о геофизической службе Казахстана. В период существования трестов цветметразведки геофизики были объединены в Казгеофизтрест, который осуществлял как региональные специальные съемки, так и поисковые работы в рудных районах, а также непосредственно на разведываемых месторождениях. Для эффективного использования результатов измерений была создана едва ли не первая в СССР партия математической обработки геофизических данных (впоследствии ВЦ). Высокий уровень программного обеспечения позволил получать важную дополнительную информацию об объектах исследования. После расформирования Казгеофизтреста геофизические экспедиции перешли в состав территориальных геологических управлений, а роль координирующего центра стал выполнять КазИРГ.

Достижения геофизики не менее впечатляют, чем геологические. Не касаясь вопросов специальных работ (ГСЗ, сейсморазведки МОВ и др.), отметим серьезные успехи магниторазведки (открытие Кустанайского железорудного района) и электроразведки различных модификаций (открытие новых колчеданно-полиметаллических месторождений в Восточном, стратиформных свинцовых, медных — в Южном и Центральном Казахстане).

Нельзя этого сказать о прикладной поисковой геохимии, которая не ушла от стандартов металлометрии. Она была высокоэффективной при поисках редкометалльных штокверков в Центральном Казахстане, где последние выходили на поверхность, и «отказала» в районах, перекрытых осадочным чехлом, особенно лессами. Геохимия в Казахстане достигла значительных результатов при изучении комплексных полиметаллических месторождений в части определения форм нахождения рассеянных элементов, подсчета их запасов и разработки технологий извлечения при металлургическом переделе руд и концентратов.

Темы воспоминаний бесконечны. В заключение я хотел бы представить некий «иконостас» геологов Казахстана, чьими трудами совершено

обычное экономическое чудо — созданы грандиозная сырьевая база металлов и геологическая школа мирового уровня.

На верхнем уровне я поместил бы имена отцов-основателей — Н.Г.Кассина, К.И.Сатпаева, И.И.Бока, Е.Д.Шлыгина, Н.Л.Бубличенко, ниже имена ведущих ученых — Г.Н.Щербы, А.К.Каюпова, Г.Л.Кушева, И.П.Новохатского и крупных организаторов производства — А.С.Богатырева, Ш.Е.Есенова, Г.Р.Бекжанова, Л.М.Трубникова, Б.Е.Милецкого, Б.А.Едигенова, Л.Ф.Думлера, Н.Т.Туленова, М.И.Казанцева, Е.Т.Маковкина, Н.Ф.Карпова. Далее бы шли имена тех, кто личным трудом продемонстрировал и свою преданность геологии, и свой вклад в общее дело. Это главные геологи производственных экспедиций и партий, ученые. В перечислении всех имен есть проблема — боязнь пропустить кого-либо из-за моей неинформированности: А.А.Мальгин, Ю.А.Садовский, В.М.Волков, Г.К.Чертушкин, Г.Н.Шавкин, И.В.Орлов, А.Н.Таран, А.А.Куденко, Г.И.Бедров, А.А.Заячковский, О.М.Тюгай, П.М.Штифанов, Е.С.Зорин, Л.И.Киселев, В.П.Стеценко, А.У.Кыдырбеков, А.И.Поletaев, Б.Р.Берикболов, Г.Ф.Ляпичев, Л.А.Мирошниченко, Б.А.Досанова, Г.Б.Левин, В.Я.Котов, В.И.Наливаев, В.В.Масленников, В.В.Лопатников, В.П.Рожнов, Л.Н.Таран, Л.И.Колотилов, Г.П.Бурдуков, Х.А.Беспаяев, В.А.Глоба, Ф.А.Летников, Н.Н.Ведерников, В.И.Серых, В.С.Ерофеев, И.Ф.Никитченко, Т.М.Лаумуллин, Б.А.Дьячков, П.Ф.Иванкин, В.Н.Любецкий, Р.А.Борукаев, Г.Ц.Медоев, П.П.Буров, Л.З.Злавдинов, И.П.Кошелев, А.Б.Диаров, М.Х.Диаров, Ю.М.Зорин, Б.С.Зейлик, Н.Н.Семионенко и другие достойные люди.

Я родился в Казахстане. В Талгаре под Алма-Атой окончил десятый класс, затем Казахский горно-металлургический институт в Алма-Ате и двадцать пять лет трудился на Алтае, в Северном Казахстане, Бетпакдале, Чингизе, Тарбагатае, Тургае и Улугтау. Казахстан — моя родина, моя земля. Мой труд вложен в нее и останется в ней навсегда. Пройдет время амбиций и националистического угара, пройдет время разделяющее и наступит время объединяющее.

Казахстан с многообразным, хотя и сложным, содружеством народов, с несметными богатствами недр стоит перед выбором...

УДК 553.078(574)

© Г.Р.Бекжанов, 2003

КРУПНЫЕ И СВЕРХКРУПНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ: ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Г.Р.Бекжанов (Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан)

На примере крупных месторождений Казахстана рассмотрены критерии их обнаружения, в том числе на территориях, перекрытых современными осадками, явления конвергенции и дивергенции рудных формаций, продуцирующих крупные и сверхкрупные объекты.

Интерес к крупным и суперкрупным месторождениям (КСМ) рудных полезных ископаемых определяется экономическими, а в последнее время и экологическими причинами. Экономические причины очевидны, если учесть, что примерно 90% руд добывается из 1500 крупных и суперкрупных месторождений (менее 0,5% от общего числа рудных объектов). Экологические связаны с тем, что на небольшом числе крупных базирующихся на КСМ и функционирующих длительное время горно-добывающих предприятий гораздо проще (и экономически рентабельнее) организовать наиболее полное извлечение компонентов, безопасное складирование отходов и экологический комплексный мониторинг.

Острота проблемы КСМ для Казахстана обостряется тем, что в условиях рыночных отношений значительная часть запасов из-за невысокого качества сырья (низкие содержания, комплексность состава, наличие вредных примесей), устаревшего технологического оборудования, слабой инфраструктуры перешла в забалансовые и уже через несколько лет в ряде горнорудных районов возникнет напряженное положение с сырьем (медь, полиметаллы, золото). В то же время рудная минерально-сырьевая база Казахстана в настоящее время (и останется такой в обозримом будущем) — одна из основных составляющих его экономики, обеспечивающая устойчивое функционирование довольно мощного горно-металлургического комплекса и тем самым создающая предпосылки для развития высокотехнологичных производств [4]. Все это делает необходимыми меры по поддержанию и повышению конкурентоспособности сырьевой базы, что связано, прежде всего, с открытием новых крупных рудных объектов. В этом отношении мировой опыт дает обнадеживающие примеры. В ряде стран мира за последние годы от-

крыты КСМ золота, цветных и редких металлов. Особенно впечатляющи успехи геологов Китая, которые на основе новых теоретических подходов, современных поисковых технологий и планомерного изучения недр открыли крупные и суперкрупные месторождения. Несмотря на большой интерес и внимание к КСМ, разработанность проблемы их образования остается недостаточной (а с ней связана задача прогноза и поисков КСМ). Теоретическое обоснование этого геологического (металлогенического) феномена в процессе эволюции геологической среды, механизмы формирования КСМ и основные условия их размещения в пространстве позволили бы более целенаправленно и эффективно вести поиски скрытых КСМ, опираясь на адекватные прогнозно-поисковые модели и технологии [3, 5, 7, 13].

Один из главных вопросов, связанных с КСМ, состоит в следующем: отличаются ли они от объектов «нормальных» размеров или это просто большие (разросшиеся) рудные объекты обычных типов. В работах [1, 2] выдвигается гипотеза «аномальности» КСМ в многомерных признаковых пространствах, описывающих вещество и структуру вмещающей их геологической среды. В то же время сам механизм формирования КСМ, состав рудообразующих растворов, физико-химические условия рудоотложения вряд ли принципиально отличались от механизма формирования более мелких объектов данного типа.

Обобщая основные признаки по литературным и полученным нами данным, можно заключить, что в региональном плане для КСМ характерны:

повышенная рудоносность рифтовых впадин, «жестких» выступов основания срединных массивов, особенно их периферических зон и вы-

ступающих углов в стороны складчатых областей, резкое повышение уровня рудоносности при наложении процессов ТМА;

узлы пересечения широтных дислокаций (на продолжении трансформных разломов дна океана) с рудными поясами северо-восточного простирания (Приморье, запад США);

высокоградиентные зоны прогибания над выступами активизированной мантии;

региональные пояса метасоматитов (например турмалиновые в Забайкалье);

сопряжение глубинных разломов с горизонтами стратиформного оруденения, геологическими экранами, границами структурных ярусов, купольными поднятиями, купольно-кольцевыми структурами;

области с многоуровневыми глубинными разуплотнениями, а также многоуровневыми геофизическими аномалиями;

расположение крупных месторождений (по крайней мере крупных месторождений золота Казахстана) в зонах смены или перемежаемости полос положительных и отрицательных аномалий остаточного гравитационного поля, отражающих структурные и вещественные неоднородности фундамента рудных районов;

сопряжение контрастных по петрохимии блоков докембрийского фундамента, метаморфизованных в амфиболитовой и гранулитовой фациях, с примитивными корами океанического и переходного типов [9].

Крупные и суперкрупные месторождения характеризуются следующими локальными условиями (геологическими особенностями участков):

проявление «рудоподготовительных» процессов, в результате которых образуются крупные объемы пород с повышенным геохимическим фоном металлов;

формирование биотитовых и углеродистых метасоматитов;

аномальные проявления магматизма рудных узлов;

высокая насыщенность площади рудных полей малыми интрузивами (особенно для золото-рудных полей);

различие по структурно-текстурным признакам близких по составу магматических тел на рудных полях крупных месторождений (по В.С. Кузубову и др.);

многофазное внедрение продуктивных интрузивных штоков — важный фактор для месторождений порфирирового типа;

контрастность состава и состояния между рудогенерирующей формацией и рудовмещающей средой.

Типичные признаки собственно КСМ следующие:

полихронность образования месторождений в несколько этапов и множество стадий; совмещение минерализации различных генетических и морфологических типов на полигенных месторождениях;

ярусность оруденения, присущая полихронным месторождениям, часто при отсутствии проявления зональности в рудных телах конкретных ярусов;

разнообразие структурно-морфологических типов рудных тел, наличие в рудных полях труб, манто, линз, жил;

присутствие горизонтов рудокластов, свидетельствующих о полихронности образования руд;

изотопное отношение $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ не более 20 на полиметаллических месторождениях (по Б.Доу, Дж.Стейси) и не более 40 на месторождениях цветных и благородных металлов;

полиморфные модификации промышленных минералов;

более восстановительные условия, чем на средних и мелких месторождениях;

присутствие элементов разного глубинного происхождения — глубинных и малоглубинных (В.А. Остаденко и др.);

наличие в месторождениях нерадиоактивного сырья радиоактивных минералов.

Перечисленные особенности локализации и образования КСМ носят достаточно общий характер и нуждаются в конкретизации и детализации для каждого типа рудных объектов и для каждого района. Так, в 1996 г. Санкт-Петербургский государственный горный институт выпустил специальный сборник научных статей «Уникальные месторождения полезных ископаемых России: закономерности формирования и размещения», в котором на конкретных примерах (с учетом данных по мировым КСМ) рассмотрены методы анализа рудообразующих систем, потенциально приводящие к формированию КСМ, описаны региональные поисковые признаки некоторых типов уникальных месторождений России и т.д.

Для Казахстана, при достаточно хорошей геологической изученности его открытых районов, первоочередной задачей является разработка теоретических основ металлогении крупных и суперкрупных месторождений золота, меди, свинца, цинка и других полезных ископаемых. Продвижение в области теории позволило бы наметить принципиально новые районы, в том числе находящиеся на перекрытых современны-

ми отложениями территориях, потенциально перспективные на выявление КСМ.

Первый шаг в этом направлении — оценка геодинамических позиций рудных районов и рудных узлов, содержащих КСМ различных типов, особенностей глубинного строения земной коры и верхней мантии районов, узлов и полей КСМ, глубинных и поверхностных геофизических аномалий, систематическое изучение геохимии изотопов рудных минералов КСМ и их флюидных режимов. Необходимы систематическое изучение особенностей КСМ конкретных рудных формаций Казахстана, первая попытка которого была осуществлена Г.Н.Щербой [11, 12], исследование различий и сходства геолого-промышленных типов крупных месторождений одного и того же металла, что для месторождений золота Казахстана было предпринято М.С.Рафаиловичем, В.Н.Любецким и др. в 1995 г. [9]. Последние отметили, что крупные месторождения по сравнению с мелкими «наиболее объемны, наиболее упорядочены, наиболее композиционно выдержаны, наиболее контрастно-зональны». Такого рода характеристики носят «эмоционально-чувственный характер», в связи с чем нужны работы по количественному выражению сложности, организованности и дифференцированности индикационных признаков, количественное выражение их «информативности», формально-количественные методы оценки «диагностической силы» индикационных признаков и их сочетаний.

Количественное описание особенностей КСМ, закономерностей их формирования и размещения дает возможность активно использовать компьютерное моделирование — мощную современную технологию научно-исследовательских работ, которая, к сожалению, пока практически не применяется казахстанскими геологами. При упоминании компьютерных технологий имеется в виду не только и не столько обработка данных, сколько имитационное моделирование металлогенических систем и процессов. Такое моделирование позволит наметить условия, потенциально благоприятные для формирования КСМ, сформулировать модели-эталонные для целей их прогноза и, возможно, даже определить прогнозно-поисковые критерии.

Одной из важных и сложных (специфических для КСМ) проблем при выборе прогнозно-поисковых критериев (характеристик) являются дивергенция и конвергенция, приводящие к тому, что один и тот же тип суперкрупных месторож-

дений встречается в различных геологических обстановках (конвергенция), а в одной и той же геологической обстановке могут находиться суперкрупные месторождения различных типов и возраста (дивергенция).

Явлениям дивергенции отвечают представления о базовых формациях («праформациях»), дивергирующих на ряд сателлитных рудных формаций. В работе [10] в качестве базовых формаций принимаются, например формации железистых кварцитов с колчеданной (пиритовой), магнетитовых скарнов, золото-сульфидно-кварцевой, золото-серебряной, редкоземельной сателлитными рудными формациями и колчеданно-полиметаллическая с полиметаллической, золото-серебряной, серебряной, сурьмяной, ртутной сателлитными рудными формациями. В этой же работе подчеркивается высокая конвергентность сателлитных рудных формаций различных базовых формаций.

Примеры конвергенции-дивергенции приведены А.И.Полетаевым и А.А.Полетаевым [8]. Они считают, что особое место среди медно-колчеданных объектов занимают месторождения подсемейства Куроко, в которых, как и на медно-порфировых месторождениях, нередко развиты флюидо-порфировые комплексы и трубчатые тела, гидротермально-эксплозивные брекчии. Модель этих месторождений, по существу, повторяет таковую медно-порфировых, только развивающуюся в субмаринных условиях. Провинция морей-океанов, испытав регрессию и преобразовавшись в провинцию орогена, может наряду с медно-колчеданными объектами содержать и медно-порфировые месторождения, а при выводе на эрозионную поверхность обогащенных рассеянной медью океанических базальтов — месторождения типа манти, обычно встречающиеся в провинциях кратонов.

По Н.К.Курбанову и Н.А.Фогельман [6], явление дивергенции заключается в соответствии гетерогенных рудных формаций единой рудно-энергетической системе, предваряющей эти рудные формации. Конвергенция понимается как проявление единого процесса мобилизации рудного вещества из гетерогенных источников. Он связан с проявлением эндогенных энергетических импульсов, таких как глубинный диапиризм и щелочно-базит-гипербазитовый магматизм, палингенное гранитообразование, внедрение малых интрузий и даек, региональный динамометаморфизм. В качестве примера конвергентных формаций данные авторы приводят эпите-

мальные золото-кварц-гидрослюдистые месторождения, сочетающиеся с медно-порфировыми и золотоносными колчеданно-полиметаллическими. Уникальный пример конвергентности — позднеорогенное золото-порфировое (по Н.К.Курбанову) оруденение Васильковского мегаштокверка. Оно является уникальным представителем золоторудной минерализации, формировавшейся в раннемагматическую стадию становления рудогенерирующей гранитоидной формации, коагматичной наземным вулканитам этапа орогенной активизации Кокшетауского срединного массива.

Касаясь особенностей прогнозирования крупных и суперкрупных месторождений, следует отметить, что они, в первую очередь, связаны с размерами областей, в пределах которых в той или иной форме локализуются руды. Поэтому, формируя систему прогнозирующих характеристик (например, на основе приведенных выше региональных и локальных признаков), необходимо дополнить описание указанием площадей их проявления. По предварительным данным эти площади соответствуют площадям, характерным для рудных узлов, а для сверхкрупных — даже рудным районам. При этом главным отличием крупных и суперкрупных месторождений от рудных узлов будет более равномерное распределение соответствующих характеристик на их площадях, что обусловлено, вероятно, статированием условий рудоформирования (необходимая предпосылка образования крупных месторождений).

Важный момент в проблеме крупных и суперкрупных месторождений — технология их поисков. Не разбирая данный вопрос (это тема специальной статьи), отметим лишь, что большие перспективы имеют технологии, основанные на фазовой геохимии [14].

В заключение подчеркнем, что только открытие крупных и суперкрупных месторождений может существенно повысить конкурентоспособность минерально-сырьевой базы Казахстана (как и других стран) и, как это не парадоксально, стать импульсом освоения технологий глубокой переработки сырья и постепенного отхода от минерально-сырьевой направленности экономики [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекжанов Г.Р., Бугаец А.Н. Прогнозно-поисковые комплексы и количественный прогноз рудных месторождений // *Металлогения Урало-Монгольского складчатого пояса: Тез. докл. 10-го Всесоюзного металлогенического совещания*. Алма-Ата, 1983.
2. Бекжанов Г.Р., Бугаец А.Н., Лось В.Л. Геологические модели при прогнозировании ресурсов полезных ископаемых. — М.: Недра, 1987.
3. Бекжанов Г.Р. Новые аспекты металлогении // *Минералогия и перспективы развития минерально-сырьевой базы*. 1999. Ч. I. С. 42–54.
4. Бекжанов Г.Р., Ланько Э.В., Лось В.Л. Основы концепции «Минерально-сырьевые ресурсы и устойчивое развитие Казахстана» // *Минерально-сырьевые ресурсы и устойчивое развитие Казахстана*. Алматы–Кокшетау, 1998. С. 151–154.
5. *Глубинное прогнозирование с применением математических методов по геофизическим методам: Тез. докл. IV симпозиума МАГРМ*. Тбилиси, 1982.
6. Курбанов Н.К., Фогельман Н.А. Гетерогенность и конвергентные ряды месторождений золоторудных рудознергетических систем // *Отечественная геология*. 1996. № 1. С. 11–30.
7. *Минерально-сырьевые ресурсы и устойчивое развитие Казахстана: Мат-лы научно-практической конференции*. — Алматы–Кокшетау: АМР РК, 1998.
8. Полетаев А.И., Полетаев А.А. Некоторые аспекты генезиса и размещения разнотипных месторождений меди // *Геология и разведка недр Казахстана*. 1995. № 4. С. 15–21.
9. Рафаилович М.С., Любецкий В.Н., Старова М.М., Кошевой О.Г. Крупные месторождения золота Казахстана: условия локализации, общие и специфические черты, отличия от мелких объектов // *Геология и разведка недр Казахстана*. 1995. № 5. С. 40–45.
10. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Место крупных месторождений в рядах рудных формаций // *Руды и металлы*. 1996. № 5. С. 56–62.
11. Щерба Г.Н. Основные критерии крупных месторождений // *Изв. НАН РК. Сер. геол.* 1993. № 2. С. 7–21.
12. Щерба Г.Н. Богатые руды // *Геология и разведка недр Казахстана*. 1995. № 2. С. 15–21.
13. Agterberg F.P. Multyfractal modelling of the sizes and grades of giant and supergiant deposits // *Economic superaccumulations of metals in lithosphere. ICCP project*. 1995. № 354. P. 1–7.
14. Goldberg I.S., Abramson G.J., Haslam C.O., Los V.L. *Geoelectrochemical Exploration: Principles, practice and performance // Recourcing the 21-st century*. Australia, Ballarat, 1997. P. 193–199.

УДК 553.491:574

© М.С.Рафаилович, 2003

ПЛАТИНОНОСНОСТЬ НЕДР КАЗАХСТАНА

М.С.Рафаилович (НИИ природных ресурсов ЮГГЕО, Республика Казахстан)

Казахстан — самостоятельная платинометальная провинция Центральной Азии. Природные источники металлов платиновой группы (МПП) республики подразделяются на восемь геолого-генетических групп: магматическую, скарново-метасоматическую, гидротермально-метасоматическую, гидротермально-осадочную, вулканогенно-осадочную, осадочную, метаморфогенно-гидротермальную и экзогенную. К приоритетным рудным формациям относятся платиносодержащая хромитовая, золото-платино-платиноидная черносланцевая, осмиеносная в медистых песчаниках, платиносодержащие медно-молибден-порфиоровая, колчеданно-полиметаллическая, медно-пирротиновая и платинометальная в древних метаморфизованных осадках.

Металлы платиновой группы отличаются великолепной конъюнктурой, стабильным спросом и обширной сферой потребления (автомобильная, химическая, нефтедобывающая, электронная, ювелирная и другая промышленность). При сохранении лидирующей роли стран-производителей МПП (ЮАР, Россия, Канада, Зимбабве, США) в последние годы наметилась тенденция к созданию собственных минерально-сырьевых баз в новых районах (Китай, Финляндия, Австралия, Индия, Гренландия и др.). К числу потенциальных платинометальных держав может быть отнесена и Республика Казахстан — государство с крупным, но практически не освоенным ресурсом платиноидов (рисунок).

Природные источники МПП Казахстана образуют восемь геолого-генетических групп: магматическую, скарново-метасоматическую, гидротермально-метасоматическую, гидротермально-осадочную, вулканогенно-осадочную, осадочную, метаморфогенно-гидротермальную и экзогенную (таблица).

Магматическая группа месторождений, тесно связанная с дифференцированными массивами дунит-гарцбургит-габброидного, пироксенит-косьвит-габброидного, перидотит-пироксенит-норитового составов, представлена тремя рудными формациями: платиносодержащей хромитовой, платиносодержащей титаномагнетитовой и сульфидной платиноидно-медно-никелевой. Наиболее продуктивна на МПП первая формация (кемпирсайский тип).

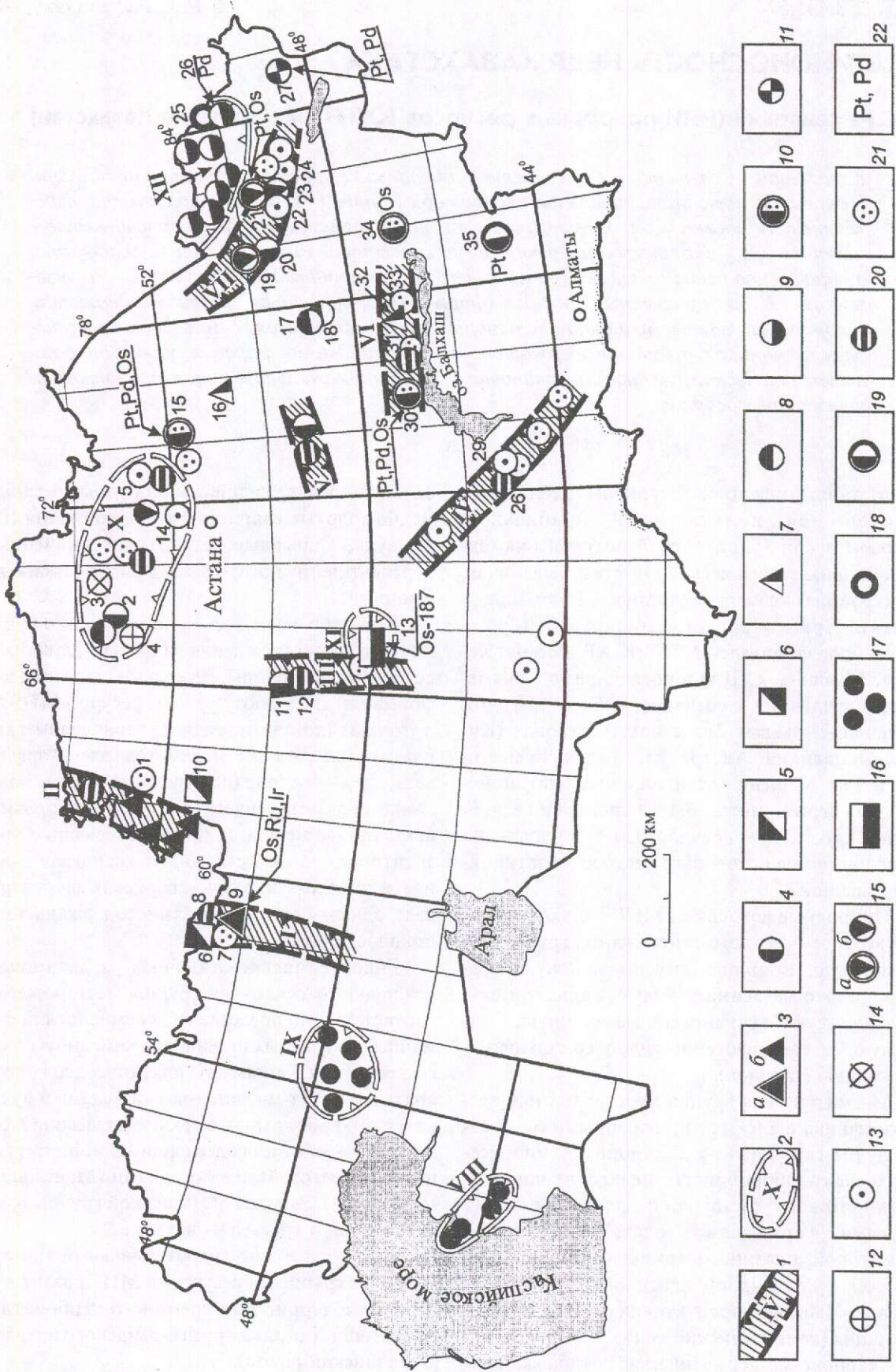
Скарново-метасоматическая группа включа-

ет платиносодержащие железорудные, медные и медно-золотые скарновые месторождения (Шагыркуль, Сарыадыр, Саяк) с ограниченными перспективами на МПП на данной стадии изученности.

Разнообразием элементного состава руд отличаются месторождения гидротермально-метасоматической группы. Из восьми входящих в нее формаций две имеют крупные ресурсы МПП (золото-платино-платиноидная черносланцевая и платиносодержащая медно-молибден-порфиоровая), две — средние (платиносодержащие колчеданно-полиметаллическая и медно-пирротиновая), три — мелкие (платиносодержащие уран-эйтсовая, золото-сульфидно-кварцевая жильная и золото-сульфидно-кварцевая штокверковая), одна — неясные (платиносодержащая медноколчеданная).

Гидротермально-осадочная, вулканогенно-осадочная и осадочная группы месторождений соответственно представлены осмиеносной формацией в медистых песчаниках каменноугольного возраста (Жезказган), платиносодержащими апатит-гематит-магнетитовыми рудами в вулканогенно-карбонатных отложениях девона (Холзунское) и платиносодержащими нефтебитуминозными мезозойскими осадками (Мангышлак, Прикаспий). Ресурсы МПП первой группы высокие, второй и третьей — неясные.

Метаморфогенно-гидротермальный тип оруденения с крупными ресурсами МПП развит в углеродисто-терригенно-кремнисто-карбонатных рифтогенных осадках рифей-вендского возраста (Текелийский район).



- 1 [Symbol: Diagonal hatched rectangle]
- 2 [Symbol: Circle with 'X' inside]
- 3 [Symbol: Triangle with 'a' and 'б' labels]
- 4 [Symbol: Circle with horizontal line through center]
- 5 [Symbol: Square with diagonal line from top-left to bottom-right]
- 6 [Symbol: Square with diagonal line from top-right to bottom-left]
- 7 [Symbol: Triangle pointing up]
- 8 [Symbol: Circle with vertical line through center]
- 9 [Symbol: Circle with horizontal line through center]
- 10 [Symbol: Circle with vertical line through center and a dot at the top]
- 11 [Symbol: Circle with a cross inside]
- 12 [Symbol: Circle with a plus sign inside]
- 13 [Symbol: Circle with a dot inside]
- 14 [Symbol: Circle with an 'X' inside]
- 15 [Symbol: Circle with a dot inside and a 'a' label]
- 16 [Symbol: Horizontal rectangle with a solid black top half]
- 17 [Symbol: Three solid black circles arranged in a triangle]
- 18 [Symbol: Circle with a vertical line through center and a dot at the top]
- 19 [Symbol: Circle with a horizontal line through center and a dot at the top]
- 20 [Symbol: Circle with a horizontal line through center and a dot at the bottom]
- 21 [Symbol: Circle with a dot inside and a dot at the top]
- 22 [Symbol: Circle with a plus sign inside and a 'Pt, Pd' label]

Экзогенная группа месторождений и проявлений МПГ включает три формации: платиносодержащую остаточных кор выветривания, платинометальную россыпную в связи с ультрамафит-мафитовыми интрузиями, платинометальную россыпную в титанистых и железосодержащих осадках древних и современных долин. На МПГ более продуктивны коры выветривания, развитые по платиноносным ультрамафит-мафитовым массивам (Кемпирсайский и Улутауский районы).

Основу потенциала МПГ республики составляют следующие формации (ресурсы крупные и средние): платиносодержащая хромитовая, золото-платино-платиноидная черносланцевая, осмиеносная медистых песчаников, платиносодержащие медно-молибден-порфириновая, колчеданно-полиметаллическая, медно-пирротинная и платинометальная в древних метаморфизованных осадках.

Платиносодержащая хромитовая формация. Платиносодержащие хромитовые руды сконцентрированы в Западном Казахстане, в юго-восточной и южной частях крупного Кемпирсайского массива ультраосновных и габброидных пород (месторождения Алмаз-Жемчужина, Миллионное, им. 20 лет Казахской ССР, Молодежное и др.).

Кемпирсайский массив, сложенный серпентинизированными перидотитами, дунитами,

лерцолитами и габброидами, содержит многочисленные линейно вытянутые, столбообразные и линзовидные хромитовые тела длиной до 2 км и мощностью до 200 м. Преобладают густо-вкрапленные хромиты, реже встречаются сплошные и средневкрапленные. Руды высокохромистые и низкоглиноземистые. Главный минерал — хромшпинелид, в подчиненном количестве присутствуют лизардит, серпофит, хризотил, брусит, оливин.

Вопросами платиноносности интрузивных пород, серпентинитов и хромитов Кемпирсая в разные годы занимались КазИМС, Донской ГОК, ПГО «Запказгеология», ИГН им. К.И. Сатпаева, Уралмеханобр и другие организации. Содержания Pt и Pd в интрузивных образованиях от следов до 0,08 г/т. В серпентинитах установлена Pt до 0,15–0,8 г/т. Изменчивыми содержаниями МПГ характеризуются сульфидизированные ультрамафиты, сульфидные концентраты и отдельные сульфидные минералы. В сульфидизированных серпентинитах Pt до 0,08 г/т, в пирротине до 0,1 г/т, в сульфидном концентрате и номинеральном пирите до 0,5–1,0 г/т (М.М. Казанцев, Л.И. Колотилов, 1988). По данным минералого-технологических исследований (Уралмеханобр) хромитовые руды содержат тонкие (5–50 мкм) вроски сульфидов и твердых растворов тугоплавких платиноидов. Сульфиды МПГ несут незначительную примесь As и Sb. Твердые

Карта платиноносности территории Казахстана, составлена с использованием материалов КазИМСа, ИГН им. К.И. Сатпаева, территориальных управлений Комитета геологии и охраны недр Республики Казахстан, ВНИИцветметта, АО «Степгеология», Томского политехнического университета:

1 — линейные ультрамафит-мафитовые пояса с разнотипными проявлениями платиновой минерализации (I — Кемпирсай-Даулетский, II — Жетыгара-Аккаргинский, III — Улутауский, IV — Шу-Илийский, V — Шидерты-Экибастузский, VI — Северо-Балхашский, VII — Чарско-Горностаевский); 2 — изометричной или овальной формы комплексные платиносодержащие площади вне ультрамафитовых поясов (VIII — Мангызтауская, IX — Прикаспийская, X — Северо-Казахстанская, XI — Жезказган-Жиландинская, XII — Рудно-Алтайская); рудные формации, концентрирующие металлы платиновой группы (в скобках номера и названия типовых объектов): 3 — платиносодержащая хромитовая: а — крупные, б — мелкие месторождения хромитов (9 — Южно-Кемпирсайская группа месторождений), 4 — сульфидная платиноидно-медно-никелевая (2 — Златогорское, 11 — Каратургайское, 20 — Южный Максут), 5 — платиносодержащая титаномагнетитовая (6 — Велиховское), 6 — платиносодержащая магнетитовая скарновая (10 — Шагыркульское), 7 — платиносодержащая золото-медно-скарновая (16 — Сарыадыр, 32 — Саяк), 8 — платиносодержащая медноколчеданная (17 — Акбастау, 18 — Космурун), 9 — платиносодержащая колчеданно-полиметаллическая (26 — Малеевское), 10 — платиносодержащая медно-молибден-порфириновая (15 — Боззаколь, 30 — Коунрад, 34 — Актогай), 11 — платиносодержащая медно-пирротинная (27 — Карчига), 12 — платиносодержащая уран-эйситовая (4 — Викторовское), 13 — платиносодержащая золото-сульфидно-кварцевая жильная (5 — Бестюбе, 14 — Жолымбет, 22 — Акжал, 24 — Балладжал, 29 — Акбакай), 14 — платиносодержащая золото-сульфидно-кварцевая штокверковая (3 — Васильковское), 15 — золото-платино-платиноидная черносланцевая: а — очень крупные и крупные, б — средние и мелкие месторождения (19 — Суздальское, 21 — Бакырчик, 23 — Васильевское), 16 — осмиеносная медистых песчаников (13 — Жезказган), 17 — платиносодержащая нефтебитуминозная; 18 — платиносодержащая апатит-гематит-магнетитовая (25 — Холзунское), 19 — платинометальная в древних углеродсодержащих осадках (35 — Текели), 20 — платиносодержащая остаточных кор выветривания (8 — Кемпирсайское, 12 — Акжал, 28 — Андасай, 31 — Итмурунды), 21 — платинометальная россыпная (1 — Тобольская, 7 — Велиховско-Кемпирсайская, 33 — Саякская россыпи); 22 — платинометальная специализация приоритетных рудных формаций

Систематика платиноносных и платиносодержащих месторождений Казахстана

Генетическая группа месторождений	Рудная формация	Вмещающая среда	Основные компоненты руд	Платино-металлическая специализация	Основные районы с платино-металлическим оруденением (в скобках ресурсы МП)	Месторождения
Магматическая	Платиносодержащая хромитовая	Дунит-гарцбургит-габброидный массив	Cr	Os, Ru, Ir (Rh, Pt)	Кемпирсайский (крупные)	Кемпирсайская группа месторождений
	Платиносодержащая титаномагнетитовая	Пироксенит-коксвит-габброидный массив	Fe, Ti	Pt, Pd	Кемпирсайский (неясные)	Велиховское
	Сульфидная платиноидно-медно-никелевая	Ультрамафит-мафитовые интрузии бушвельдского типа	Cu, Ni	Pt, Pd	Кокшетауский, Чарско-Горностаевский, Улутауский (мелкие)	Златогорское, Южный Максут, Карагургайское
Скарново-метасоматическая	Платиносодержащая магнетитовая скарновая	Вулканыты среднего состава, интрузии габродиоритов, диоритов	Fe	Pt	Тургайский (неясные)	Шагьркульское
	Платиносодержащая золото-медно-скарновая, медно-скарновая	Гранат-пироксеновые, гранат-эпидот-актинолитовые скарны	Cu, Au	Ir, Os, Rh, Pd	Баянаульский, Саяский (мелкие)	Сарыадыр, Саяк
Гидротермально-метасоматическая	Платиносодержащая медноколчеданная	Андезиты, дациты, туфопесчаники	Cu (Au)	Pt	Чингиз-Тарбагатайский (неясные)	Акбастау, Космурун
	Платиносодержащая медно-молибден-порфирировая	Интрузии «порфирирового» типа, вулканогенно-терригенные толщи	Cu, Mo (Au, Ag)	Pt, Pd, Os	Северо-Казахстанский, Центрально-Казахстанский, Джунгарский (суммарно крупные)	Бозшаколь, Коунрад, Актотай
	Платиносодержащая колчеданно-полиметаллическая	Вулканогенно-терригенные отложения	Pb, Zn, Cu (Au, Ag)	Pt, Pd	Рудно-Алтайский (средние)	Малееское, Иртышское, Риддер-Сокольное
Гидротермально-метасоматическая	Платиносодержащая медно-пирротиновая	Метаморфические сланцы, амфиболиты	Cu (Zn, Au, Ag)	Pd, Pt	Курчум-Кальджирский (средние)	Карчига
	Платиносодержащая уран-эйсовая	Конгломераты, гравелиты, песчаники	U	Pt, Pd, Os, Ir	Кокшетауский (мелкие)	Викторовское, Камышовое
	Платиносодержащая золото-сульфидно-кварцевая жильная	Габродиориты, углеродисто-терригенные породы	Au	Ir, Os, Pt, Pd	Чарско-Горностаевский (мелкие, возможно, средние)	Акжал, Баладжал
Платиносодержащая золото-сульфидно-кварцевая штоковая	Батолиты габродиорит-диорит-гранодиоритов	Au	Pt	Кокшетауский (мелкие)	Васильковское	

Гидротермально-метасоматическая	Золото-платино-платиноидная черносланцевая	Углеродисто-терригенно-карбонатные отложения, ультрамафит-мафиты, плагиограниты	Au	Pt, Os, Ir (Pd)	Бакырчинский, Суздальский, Асжал-Васильевский (крупные)	Бакырчик, Суздальское, Васильевское
Гидротермально-осадочная	Осмиеносная медистых песчаников	Серо-, красноцветная толща песчаников, алевролитов, аргиллитов	Cu, Re (Pb, Zn, Ag)	Os-187	Жезказган-Жиладинский (крупные)	Жезказган, Итауз, Сарыоба
Вулканогенно-осадочная	Платиносодержащая апатит-гематит-магнетитовая	Вулканогенные, вулканогенно-карбонатные породы	Fe (P)	Pd, Pt	Рудно-Алтайский (неясные)	Холзункос
Осадочная	Платиносодержащая нефтебитуминозная	Осадочные отложения глина, юры, мела	Нефть, битум, производные продукты	Pt, Pd, Os, Ir	Прикаспийский, Мангышлакский (неясные)	Месторождения Мангышлака, Прикаспия
Метаморфогенно-гидротермальная	Платинометаллическая в древних метаморфизованных углеродсодержащих осадках	Углеродисто-терригенно-кремнисто-карбонатные отложения рифея-венда	Pt		Текелский (крупные)	Текели
	Платиносодержащая остаточных кор выветривания	Выветрелые ультрамафит-мафитовые интрузии	Pt, Pd (Cu, Ni)		Кемпирсайский, Улугауский, Северо-Балхашский (мелкие, возможно, средние)	Кемпирсай, Асжал, Итмурунды
Экзогенная	Платинометаллическая в россыпях в связи с ультрамафит-мафитовыми комплексами	Аллювиально-дельтавиальные рыхлые осадки	Pt, Ir (Au)		Кемпирсайский, Кокшетауский, Чарско-Горностаевский (мелкие)	Велиховско-Кемпирсайская, Жанауская, Вера-Чарская россыпи
	Платинометаллическая в титан- и железосодержащих песках, песчанниках	Пески, песчанники древних и современных долин	Ti, Fe (Zr)	Pt	Тургайский, Саяжский (мелкие)	Тобольская, Саяжская россыпи

Примечание. Жирным шрифтом выделены рудные формации с крупными и средними ресурсами МПГ.

растворы представлены соединениями ряда иридоосмирид. Минералы МПГ ассоциируют с сульфидами Fe и Ni [1]. Сульфидно-хромшпинелидовый флотационный концентрат содержит до 10 г/т МПГ (преобладают Os, Ru, Ir). Среднее суммарное содержание МПГ в рудах до 0,6–0,8 г/т, в том числе, г/т: Os 0,1–0,7, Ir и Ru 0,05–0,6, Rh 0,05–0,1, Pt 0,01–0,2, Pd 0,001–0,025.

Основные критерии поисков платиноносных хромитовых руд:

приуроченность к глубокодифференцированным массивам дунит-гарцбургитовой и дунит-пироксенит-габбровой формаций; связь с высокомагнезиальными серпентинизированными породными ассоциациями;

локализация оруденения в дунитах ядерных частей массивов или в участках грубополосчатого чередования ультрамафит-мафических пород;

платино-серпентин-хромшпинелидовый, МПГ-серпентин-оливиновый, МПГ-сульфидный минеральные парагенезисы; преобладание тугоплавких платиноидов (Os, Ru, Ir); присутствие МПГ в виде изоморфной примеси, интерстициальных и пойкилитовых вростков, твердых растворов в минералах хромитовых руд;

мощные процессы выветривания ультрамафитов и габброидов с накоплением МПГ в латеритных и переотложенных корах;

аллювиальные платино-платиноидные россыпи по обрамлению ультрамафит-мафитовых интрузий; платино-хромшпинелид-ильменит-магнетит-титаномагнетитовый парагенезис минералов в тяжелых фракциях шлихов.

Платиносодержащая хромитовая формация может быть отнесена к одному из перспективных и крупных источников МПГ в Казахстане. Количество платиноидов в контурах разведанных запасов хрома в Кемпирсайском районе оценивается в 250 т [1, 12].

Золото-платино-платиноидная черносланцевая формация — это нетрадиционный тип комплексных благороднометаллических рудных объектов в черносланцевых разрезах складчатых областей [5, 6, 9, 12]. К нему относятся гигантские месторождения Сухой Лог (Россия), Мурунтау (Узбекистан), Бакырчик (Казахстан), Кумтор (Кыргызстан). Месторождения образованы в рифтогенных структурах длительного развития при сопряженной деятельности трех источников углеродистого и рудного вещества: осадочно-хемогенного, гидротермально-метаморфогенного, флюидно-магматогенного [5, 9].

Платиноносность казахстанских месторождений изучалась сотрудниками Томского политехнического университета (А.Ф.Коробейников, А.Я.Пшеничкин, Н.А.Колпакова и др.). Определение МПГ проводилось инверсионным вольтамперометрическим методом чувствительностью $n \cdot 10^{-7}$ – $n \cdot 10^{-8}\%$ [5, 6].

По отношению к офиолитам золото-платинометаллические месторождения подразделяются на два подтипа: бакырчикский (локализуется в висячем боку офиолитовых поясов) и чарский (находится в зоне самих офиолитов). Руды бакырчикского подтипа локализуются в узком грабене широтного направления (Кызыловской зоне смятия) в породах исключительно черносланцевой формации. В них отсутствует прямая связь с проявлениями ультрамафитов, преобладает углеродисто-серицитолитовый метасоматоз, отмечаются вкрапленные и прожилково-вкрапленные текстуры руд, вертикальный размах оруденения более 1,2–1,5 км.

Неизменные углеродсодержащие алевролиты и песчаники месторождения Бакырчик имеют низкий фон МПГ (менее 1 мг/т). В сульфидизированных алевропесчаниках содержания Pt и Os до первых грамм на 1 т. Высокими концентрациями МПГ характеризуются прожилково-вкрапленные пирит-арсенопиритовые руды, г/т: Pt 5,71, Os 2,8, Ir 3,2, Pd 0,27. Максимальные содержания Pt до 47,6 г/т, Os до 15,35 г/т. Платина накапливается в грави- и флотоконцентратах (7,4–8,0 г/т). Во вкрапленных пирит-арсенопиритовых рудах присутствует интерметаллид Pt-Au-Ni, ассоциирующий с никелистым золотом, буденитом, сульфоарсенидами никеля, пиритом и углеродистым веществом [10].

Золото-платино-платиноидное оруденение чарского подтипа (Акжал-Васильевский район) локализовано в рифтогенной зоне, выполненной ультрамафит-мафитами, габбро-плагиогранитными интрузиями и дайками пестрого состава. Состав метасоматитов изменчив (серпентиниты, листвениты, березиты, пропициты), морфологические типы руд разнообразны (кварцевые жилы, жильно-прожилковые зоны, сульфидно-вкрапленные тела), размещены как в измененных интрузивах, так и в углеродисто-терригенных породах, вертикальный размах изменчив (жилы до 200–300 м, вкрапленные руды до 700–800 м). Рудные объекты (Васильевское, Акжал, Боко, Колорадо) имеют Ir, Ir-Pt специализацию при подчиненной роли Os и Pd. Промыш-

ленно ценные концентрации платиноидов накапливаются в сульфидизированных березитах, лиственитах и серпентинитах, развитых по интрузиям ультрамафитов и габброидов (Ir 11,1–12,1 г/т, Pt 1,1 г/т, Os 2,0 г/т), вкрапленных пирит-арсенопиритовых рудах (Ir и Pt 16 г/т, Os 8,2 г/т, Pd 2,2 г/т), кварц-сульфидных жилах (Pt 0,26 г/т) [5]. Платиной обогащены отвалы и хвостохранилища месторождений (0,16–2,3 г/т) [6].

Критериями прогноза и поисков золото-платино-платиноидных руд в черных сланцах являются [5, 9]:

глубинные разломы рифтогенной природы, контролирующие размещение ультрамафит-мафит-плагитогранитных интрузий на контакте с черносланцевыми комплексами;

геохимические (Au, Cu, Ni, Co, Cr, As и др.) и знакопеременные гравимагнитные аномалии; россыпи Au и Pt в бортовых частях и на выклинивании офиолитовых зон;

парагенезис месторождений с магматическими узлами сложной эволюции (от ультрамафитов до средних, кислых и субщелочных пород);

приуроченность основной массы золото-платиноидно-сульфидных руд к участкам тонкоритмичного переслаивания аргиллитов, алевролитов и песчаников;

морфологическая и метасоматическая зональность оруденения: нижняя зона альбитит-калишпатит-пропилитовых метасоматитов и березитов вмещает вкрапленно-прожилковые руды с Au и МПГ, средняя (с серицитолитами, березит-лиственитами) — прожилково-вкрапленные и штокверковые тела; верхняя (карбонатная фация березит-лиственитов) — кварцеворудные жилы; суммарный размах оруденения до 2–3 км;

тесная ассоциация платиноидов с золотом и его спутниками (As, Bi, Cu, Pb, Ag, Sb, Hg); специализация рудоносных ультрамафит-габброидных образований на Ir и Pt, вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд в черных сланцах — на Pt и Os.

Суммарные ресурсы МПГ черносланцевой формации оцениваются в 800 т (категории P₂ и P₃). Районы возможного развития месторождений — Калбинский, Чарско-Горностаевский, Шу-Балхашский, Кендыктасский, Северо-Балхашский.

Осмиеносная формация медистых песчаников. Представлена уникальным Жезказган-Желандинским узлом комплексного полиметалло-редкометалло-благороднометалльного орудене-

ния (Cu, Re, Os-187, Pb, Zn, Ag). К основным особенностям типовых месторождений относятся (А.И.Полетаев, А.А.Смелов, В.Л.Лось): размещение в узлах пересечения Восточно-Улутауского рифта субмеридионального направления с трансформными разломами северо-восточного простирания; приуроченность к каменноугольной толще переслаивающихся серо- и красноцветных песчаников, гравелитов, конгломератов; формирование и локализация рудоносных систем в областях с аномальными геолого-геофизическими и геохимическими характеристиками горных пород (гравитационные минимумы при дефиците массы до 0,6–0,8 г/см³, геохимическое «истощение» пород на основные металлы); стратиформность и многоярусность комплексного оруденения, пластовая, ленто- и линзовидная форма рудных тел, вкрапленные и прожилковые текстуры; проявления альбитизации, окварцевания, серицитизации, карбонатизации, каолинитизации вмещающих пород.

Главный металл платиновой группы — осмий, открытый в 1960 г. как продукт радиоактивного распада Re-187 [13]. Рений встречается в виде изоморфной примеси в сульфидах и самостоятельного минерала — жезказганита (сульфида рения). Среднее содержание Re в сульфидном концентрате 0,01%. Его содержания увеличиваются с возрастанием количества основных рудных минералов. «Ураганые» концентрации Re (0,1–0,5%) приурочены к гнездообразным скоплениям богатых борнит-халькозиновых руд [14]. В сульфидных концентратах и флотационных продуктах количество Re возрастает в 5–15 раз относительно исходной руды.

Осмию Жезказгана на 99,4–99,5% состоит из радиогенного изотопа Os-187 — дефицитного и очень дорогого МПГ. Достоверность Os-187 доказана методами оптической спектроскопии и масс-спектрометрии. Содержания Os в жезказганских рудах, г/т: борнитовая руда 2,4, борнит-галенит-халькозиновая 1,2, борнит-халькозиновая 0,52, свинцово-цинковая 0,27, медно-свинцово-цинковая 0,09 [14]. Осмием обогащены (г/т) отвалы и хвостохранилища (до 0,1–0,5), продукты и отходы металлургической переработки медных концентратов (штейн 0,1–0,2, шлам электролитных ванн 0,2, конверторная пыль 3–4, шлам промывной кислоты 5–45).

Руды, промпродукты и отвалы Жезказгана служат надежным источником получения радиогенного изотопа Os — приоритетного минераль-

ного продукта, не требующего специального разделения. Жезказган-Желандинский узел представляет собой одну из главнейших в Казахстане платинометаллических структур с крупными ресурсами Os-187.

Платиносодержащая медно-молибден-порфировая формация. Месторождения формации (Бозщаколь, Коунрад, Актогай, Самарское, Кокташжал), находящиеся в андезитовых и андезитобазальтовых вулканических поясах, характеризуются [8, 15 и др.] связью с очаговыми вулканотектоническими структурами, дифференцированными «порфировыми» штоками, телами взрывных брекчий, дайковыми породами, упорядоченным размещением гидротермалитов относительно интрузивного тела (калий-кремниевые породы (кварц, калишпат) → филлизиты (кварц, серицит, хлорит) → аргиллизиты (серицит, каолинит) → пропилиты), крупнообъемной морфологией рудных тел (штокверки, зоны, залежи), зональным расположением минеральных парагенезисов (снизу вверх, от центра к периферии: магнетит-пиритовый → молибденитовый → пирит-халькопирит-борнитовый → полисульфидный), разнообразием минералов полисульфидного парагенезиса (галенит, сфалерит, блеклые руды, арсенипирит, энаргит, самородные Au и Ag, сульфосоли Pb, Bi, Sb), присутствием МПГ в виде изоморфной примеси в главных сульфидах (халькопирите, молибдените) и собственных минералов (платина, теллуровисмутид палладия), накоплением МПГ в медных и молибденовых концентратах.

На месторождении Бозщаколь установлено следующее распределение платиноидов (Л.Е. Филимонова, 1969, С.Л. Терехович, 1970, спектрографический анализ). Рудовмещающие интрузивные и вулканогенные образования (плагиигранит-порфиры, андезит-базальтовые порфириты) содержат Pt 0,003–0,006 г/т. Средние значения МПГ в сульфидных рудах низкие — Pt 0,005 г/т (максимальное 0,012 г/т), Pd 0,036 г/т (максимальное 0,11 г/т). Платиноидами обогащены продукты промышленной переработки выветрелых (каолинизированных) руд: Pd до 2,7–4,6 г/т (пиритный и медный концентраты), Pt до 0,13 г/т (молибденитовый концентрат). В промпродуктах неокисленных сульфидных руд наиболее высокие содержания МПГ, г/т: в молибденовом концентрате Pd 8,5, Pt 7,8, Os 3,7, Rh 0,7, в медном — Pd 3,9 и Pt 0,7, в пиритном — Pd 0,6.

На месторождении Коунрад, по данным С.Л. Те-

рехович (1970) и В.А. Сафонова (1972), МПГ распределяются также избирательно. Низкими содержаниями Pt и Pd характеризуются медная руда, пиритный промпродукт, хвосты обогатительной фабрики (менее 0,01 г/т, анализы спектрографический и пробирно-спектральный). Медный концентрат включает Pd 0,63 г/т, Pt 0,085 г/т. Молибденитовый концентрат обогащен Os (1,7 г/т), Pd (0,11 г/т), Pt (0,22 г/т). В шламах Балхашского комбината, работающего на рудах месторождения Коунрад, спектрографическим и химико-спектральными методами определены, г/т: Pd 780,0, Pt 72,2, Rh 55,0, Ru 20, Ir 2,0 [3].

Молибденитовый концентрат месторождения Актогай обогащен Os (1,1 г/т). Как и в рудах жезказганского типа, Os в медно-молибден-порфировых месторождениях образуется в результате радиогенного распада Re-187 [14].

Медно-молибден-порфировые руды Казахстана — реальный источник МПГ. Для получения Pt, Pd и Os практический интерес представляют продукты обогащения сульфидных руд — шламы, медный и молибденитовый концентраты. Разведка и обработка месторождений должны сопровождаться специализированным картированием пород и руд, опробованием на платиноиды отвалов и хвостохранилищ. Оценки на Os заслуживают все ренийсодержащие объекты.

Платиносодержащая колчеданно-полиметаллическая формация (рудно-алтайский тип). Месторождения формации, размещенные в эйфель-франских базальт-риолит-кремнисто-терригенных породах, тяготеют к вулканическим впадинам, склонам стратовулканов, экструзивным куполам (Риддер-Сокольное, Малеевское, Иртышское, Зыряновское и др.). Рудные тела пласто-, линзо-, лентовидные, жилоподобные, грибообразные, длиной до 1,5–2,5 км, мощностью от первых до 50–100 м, с вертикальным размахом до 800–1000 м и более. Руды сплошные и прожилково-вкрапленные, халькопирит-галенит-сфалерит-пиритовые, галенит-халькопирит-сфалеритовые, галенит-сфалерит-баритовые. Основные компоненты — Pb (0,7–7,5%), Zn (1,3–12%), Cu (0,1–3,5%), попутные — Au, Ag, Cd, МПГ, Ba, Se, Te, Bi, Sb, Ge и др.

Платиноиды в колчеданно-полиметаллических объектах Рудного-Алтая известны с 30-х годов прошлого столетия [11]. Для них характерно неравномерное распределение в породах и рудах. Минеральные продукты начальных стадий рудообразования (гидротермально-осадочная

серно-колчеданная, ранняя медноколчеданная, ранняя полиметаллическая) отличаются низкими содержаниями МПГ (первые миллиграммы и менее на 1 т). Повышенные концентрации МПГ (десятки, иногда первые сотни миллиграмма на 1 т) характерны для минеральных ассоциаций, завершающих гидротермально-метасоматический этап (заключительная фаза полиметаллической стадии, поздние медножильные и золото-кварц-сульфидные жильные образования). В продуктах поздней медножильной стадии содержания МПГ составляют, мг/т: Ново-Березовское месторождение — Ru 62, Ir 29, Pt 19,0, Pd 15,2; Иртышское и Орловское месторождения — Pt 15,4–18,9, Pd 14,5–19,6. В золото-сульфидно-кварцевых жилах Центральной залежи Риддер-Сокольного месторождения концентрации Pt до 200 мг/т, Pd 61,8 мг/т (Н.Б.Иванов и др., 1989). В метаморфизованных свинцово-цинковых рудах Малеевского месторождения, насыщенных дайками основного состава, установлены высокие концентрации Pd до 3–4,5 г/т (ВНИИцветмет, г. Усть-Каменогорск; Институт Гидроцветмет, г. Новосибирск) [11].

Минералы-носители МПГ — сульфиды, блеклые руды, сложные сульфосоли Cu, Pb и Bi. На Иртышском месторождении выявлены дендритовидные субмикроскопические выделения палладистой меди, содержащие, %: Pd 0,32–52,3, Ir 0,15–2,64, Pt 0,65–1,5, Os до 0,21, Rh 0,01–0,08 (микроанализатор «Самевах», аналитик О.Н.Майорова).

В металлургическом процессе МПГ претерпевают ступенчатое перераспределение с первоначальным накоплением в медных и свинцовых концентратах (содержания в несколько раз, иногда на порядок выше относительно первичных руд) и с еще более контрастным концентрированием (г/т) в рафинированной черновой меди (Ru 0,65, Pd 0,35, Rh 0,31) и черновом свинце (Pd 0,15) (Н.Б.Иванов и др., 1989). На Усть-Каменогорском комбинате из продуктов металлургического передела руд рассмотренных выше месторождений ежегодно извлекают 70–100 кг МПГ ([9]; Г.Д.Ганженко, 2001). Реальный ресурс МПГ разрабатываемых колчеданно-полиметаллических объектов Рудного Алтая соответствуют среднему месторождению платиноидов.

Платиносодержащая медно-пирротиновая формация. Прототип формации — медно-пирротиновое месторождение Карчига, расположенное в Курчум-Кальджирском рудном районе

Восточного Казахстана. Специфические особенности его — древний (PR₁) возраст рудовмещающих биотит-плагиоклаз-кварц-кордиеритовых сланцев и амфиболитов, ленто-, линзовидная согласная морфология рудных тел (протяженность до 1300 м, средняя мощность 2,8–5 м), приуроченность последних к висячему и лежащему бортам амфиболитов, динамометаморфизм руд, разнообразие их текстурных разновидностей (массивные, полосчато-вкрапленные, вкрапленные, брекчиевидные, гнездово-прожилковые), кордиерит-хлорит-антофиллитовый тип околорудных изменений, комплексный состав — в скобках среднее содержание элемента — Cu (2,78%), Zn (0,38%), Au (0,8 г/т), Ag (5,5 г/т), Fe (15,5%), S (11,2%), а также Ni, Co, Cd, Mo, As, Te и др. Работами ИГН им. К.И.Сатпаева во вкрапленных рудах (20 проб) химико-спектральным анализом установлена Pt в количестве первых грамм на 1 т, Pd до первых десятков грамм на 1 т [4]. Содержания МПГ коррелируют с интенсивностью халькопирит-пирит-пирротиновой минерализации. При обработке проб царской водкой платиноиды переходят в фильтрат, что свидетельствует о возможной металлической форме их нахождения в рудах. Контрольные анализы, проведенные в лабораториях Венгерского геологического института, американской корпорации Intertech, КазИМСа (спектрохимический, спектрометрический, эмиссионно-оптический методы), показали удовлетворительную сходимость определений МПГ. Медно-пирротиновые руды Алтая (Карчига, Вавилонское, Когодай, Десятковское и др.) — потенциальное платиносодержащее сырье, заслуживающее углубленного минералого-технологического анализа.

ПлатинOMETАЛЬНАЯ формация в метаморфизованных углеродсодержащих осадках рифей-вендского возраста. Данный тип платинового оруденения развит в Текелийском районе [2, 7 и др.]. Вмещающими породами стратиформных Pb-Zn месторождений Текели, Западное Текели, Яблоневое служит рифтогенный R-V комплекс: фтаниты, углеродсодержащие кремнистые, кремнисто-карбонатные, глинисто-карбонатные сланцы, углистые доломиты и известняки (текелийская свита). Свинцово-цинковое оруденение и продукты его технологической переработки характеризуются низкими содержаниями платиноидов (менее 0,01 г/т).

Концентраторами МПГ являются углеродистое вещество, входящее в состав пород текелий-

ской свиты, и его главный компонент — кероген. Углеродистое вещество гумусово-сапропелитового типа. Содержания $C_{орг}$ в породах 0,4–49%. Концентрация керогена в углеродистом веществе до 90–100%. В метаморфизованных осадках обнаружены повышенные до промышленных значения Pt и Pd (1–13 г/т) [2]. Платинометальная минерализация приурочена к горизонтам с аномальными содержаниями Cr, Ti, Mn, V, P.

В углеродистом концентрате пород текелийской свиты с применением разработанного в КазИМСе метода [7] определены следующие содержания Pt, г/т: углеродисто-карбонатно-глинистый сланец — 5–115, углеродисто-кремнистый — <0,1–9,5, углеродисто-глинистый сланец и углеродистый алевролит — <1–7, углеродистый известняк — до 1. Содержания Pd во всех пробах менее 0,5 г/т. В керогене концентрации Pt составляют, г/т: углеродисто-карбонатно-глинистый сланец — 28, углеродисто-кремнистый сланец — 5–13, углеродисто-глинистый сланец — до 7,4–16,5.

Геолого-геохимические и аналитические данные свидетельствуют о первично рассеянном нахождении Pt в породе, ремобилизации ее в процессе метаморфизма вмещающих толщ и концентрировании в керогене. Критериями прогноза и поисков платинометального оруденения текелийского типа служат [2, 7, 12]:

размещение платиноносных осадков в узколинейном рифтогенном грабене; состав фаций переходный от прибрежно-морских к глубоководным;

тонкое переслаивание в пределах рудоносной толщи углеродисто-глинисто-кремнистых, углеродисто-глинисто-карбонатных, углеродисто-пиритит-известняково-аргиллитовых литофаций; наличие горизонтов сингенетичных пирититов мощностью до 1,5–15 м;

геохимическая специализация углеродсодержащих пород и пирититов на фемические и силические компоненты (Cr, Ni, Co, Ti, Mn, V, P, Pb, Zn);

приразломное складкообразование, буди-наж, гофрировка, отслоения пород;

наложенные метаморфогенно-гидротермальные процессы — динамометаморфизм и перекристаллизация пород, углеродистый метасоматоз («углеродистые филлониты»), образование кварцевых и кварц-серицитовых метасоматитов, вторичных кремней, железистых карбонатов, ремобилизация и перераспределение рудных компонентов;

высокие содержания $C_{орг}$ (до 45–49%) в мета-

морфизованных породах; широкие вариации концентраций Pt в легкой фракции — керогене (0,1–155 г/т).

Ресурсы МПГ Текелийского района составляют первые сотни тонн, однако объемы проведенных исследований недостаточны. Необходимо дополнительные работы по совершенствованию аналитической базы, изучению форм нахождения МПГ, оценке коммерческой ценности оруденения.

Приоритетные источники МПГ Казахстана, наряду с отчетливыми различиями (по генезису, тектонической позиции, элементному составу и т.д.), имеют общие черты, обусловленные приуроченностью к структурам длительного формирования, глубоко дренирующим земную кору и мантию, мантийным или комбинированным корово-мантийным источником рудных компонентов, преобладающей фемической специализацией (МПГ, Cr, Cu, Au, Ni, Co и др.), контрастной эволюцией и полиэтапностью рудообразующих процессов, ремобилизацией и перетолжением химических элементов, крупнообъемной морфологией (залежи, минерализованные зоны, пластообразные тела, штокверки).

Из приведенного обзора видно, что Казахстан представляет собой самостоятельную платинометальную провинцию Центральной Азии. Основу платинового ресурса (не менее 2 тыс. т МПГ) образуют семь рассмотренных выше рудных формаций, среди которых высока доля нетрадиционных месторождений, залегающих в терригенных, углеродисто-терригенных и углеродисто-кремнисто-карбонатных осадках (жезказганский, бакырчикско-чарский, текелийский типы).

Геологической службе Казахстана необходима фундаментальная программа развития минерально-сырьевой базы МПГ, предусматривающая поэтапное решение платиновой проблемы с охватом всей цепи геологоразведочного процесса — от металлогенического анализа и прогнозной оценки недр до разработки продвину-тых технологий в области разведки, экономики и переработки минерального сырья, охраны окружающей среды и социального развития регионов. Охарактеризованные выше геологические предпосылки, общемировая конъюнктура платиноидов и благоприятный инвестиционный климат будут способствовать тому, что МПГ займут достойное место среди стратегических видов полезных ископаемых Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдрахманов К.А., Петров В.В.* Перспективы платиноносности габбро-гипербазитовых массивов кемпирсайского типа // Геология и разведка недр Казахстана. 1998. № 2. С. 24–28.
2. *Бирюлин В.А., Матвеев М.А.* Платиноносность нижнепалеозойских черносланцевых толщ Текелийского рудного узла // Минеральные ресурсы Казахстана: Мат-лы Международной конференции. Алматы, 1993. С. 161–162.
3. *Калинин С.К., Мадин М.И., Усенов Н.А.* О содержании платиновых металлов в сырье и технологических продуктах цветной металлургии Казахстана // Там же. С. 162–165.
4. *Ковриго О.А., Дюсембаева К.Ш., Тимербулатова М.И.* О роли платиноидов в некоторых рудных формациях и технологических продуктах на Алтае // Проблемы комплексного освоения рудных и нерудных месторождений Восточно-Казахстанского региона. Усть-Каменогорск, 2001. С. 82–83.
5. *Коробейников А.Ф.* Нетрадиционные комплексные золото-платиноидные месторождения складчатых поясов. – Новосибирск, 1999.
6. *Коробейников А.Ф., Пшеничкин А.Я., Зыков Ю.Е.* Платиноносность отвалов пород, убогих золотых руд, хвостов обогащения Боко-Васильевского, Акжалского и Бакырчикского золоторудных полей Западной Калбы // Руды и металлы. 1995. № 3. С. 104–109.
7. *Матвеев М.А., Кальянова О.А., Пикалова Л.И.* Разработка методики определения платиноидов в рассеянном органическом веществе углеродсодержащих пород Казахстана // Геология и разведка недр Казахстана. 1997. № 3. С. 63–68.
8. *Медно-порфировые* месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов / А.И.Кривцов, В.С.Звездов, И.Ф.Мигачев и др. – М.: ЦНИГРИ, 2001.
9. *Минерально-сырьевой потенциал платиновых металлов России на пороге XXI века* / Д.А.Додин, Л.В.Оганесян, Н.М.Чернышев и др. – М., 1998.
10. *Новый тип золото-платиновой минерализации* / В.А.Нарсеев, В.Н.Матвиенко, В.В.Фаворов, А.В.Захаров // Геология и генезис платиновых металлов. М., 1992. С. 48.
11. *Платиноносность руд колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая* / В.Д.Борцов, Ю.Б.Генкин, В.П.Наумов и др. // Проблемы комплексного освоения рудных месторождений Восточно-Казахстанского региона. Усть-Каменогорск, 2001. С. 24–25.
12. *Рафаилович М.С.* Платинометалльные и платиносодержащие рудные формации Казахстана // Уральский геологический журнал. 2001. № 1. С. 121–139.
13. *Сатпаева Т.А., Калинин С.К., Файн Э.Е.* О содержании осмия в рудах Жезказганского месторождения // Вестн. АН КазССР. 1960. № 8. С. 29–31.
14. *Файн Э.Е.* Рений и радиогенный осмий в природных объектах и технологических продуктах: Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. – Алматы, 1996.
15. *Филимонова Л.Е., Терехович С.Л.* Некоторые вопросы геохимии и минералогии элементов группы платины в рудах месторождения Бошекуль // Изв. АН КазССР. Сер. геол. 1972. № 4. С. 60–67.



РЫНОЧНЫЙ МЕТОД ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ЗАПАСЫ КОТОРЫХ ПРИНЯТЫ НА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ БАЛАНС

**А.Я.Кац (ВИЭМС МПР России), Б.К.Михайлов (МПР России), А.И.Райхлин
(ВИЭМС МПР России)**

Применяемые методы переоценки запасов, предусматривающие использование индексов цен и дефляторов, многократно искажают промышленную ценность месторождений, поскольку не учитывают происшедших инфраструктурных, демографических, социально-экономических и других изменений в районах местоположения объектов недропользования. Предлагаемый метод экспресс-оценки позволяет обеспечить оперативное и научно обоснованное решение государственной проблемы по переоценке месторождений, запасы которых приняты на баланс в дореформенный период. Проблема может быть решена в кратчайшие сроки при соответствующей организации оценочных работ в Центре и на местах с привлечением геологических организаций минерально-сырьевых регионов России.

Основная задача государственного регулирования отношений недропользования, согласно закону «О недрах» [2], — обеспечение воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ), ее рационального использования и охраны недр в интересах нынешнего и будущих поколений народов Российской Федерации. Для практической реализации этой задачи законом предусматриваются:

проведение геолого-экономической и стоимостной оценок разведываемых месторождений полезных ископаемых и участков недр по методикам, утверждаемым федеральным органом управления государственным фондом недр;

учет и анализ состояния и движения минерально-сырьевой базы, отражаемых в государственном балансе запасов полезных ископаемых.

На государственный баланс принимаются месторождения, имеющие, согласно оценке, промышленное значение и характеризующиеся достаточным уровнем рентабельности их разработки. В условиях плановой экономики нормативные уровни рентабельности по видам полезных ископаемых устанавливались соответствующими отраслевыми министерствами и другими правительственными органами. В настоящее время, с переходом к рыночным отношениям, таких

норм не существует. Имеется рекомендация [1, 7] о применении единой ставки дисконтирования на уровне 15% для всех видов полезных ископаемых. В условиях же плановой экономики показатель рентабельности (как отношение прибыли к капиталовложениям) устанавливался без учета фактора времени, т.е. без применения дисконтирования. Однако главная проблема заключается в том, что за период перехода к рынку, не говоря уже о галопирующей инфляции и связанной с ней тысячекратной деноминации рубля, коренным образом изменились структуры затрат, меновые и потребительные стоимости товаров. В связи с этим полностью утратили свое значение ранее действующие нормативы, применяемые при оценках и переоценках месторождений, принимаемых на государственный баланс запасов полезных ископаемых.

В настоящее время на государственном балансе состоят, в подавляющем числе, месторождения, которые были разведаны и оценены в дореформенный период. Их промышленная ценность, в силу происшедших изменений, требует обоснованной переоценки или в качестве первого этапа оперативной разбраковки на объекты, имеющие или утратившие народнохозяйственное значение, подлежащие первоочередному

промышленному освоению или относимые в резерв для освоения в перспективе. Попытки найти способы и методы решения этой задачи при отсутствии необходимых для проведения оценочных работ нормативов и методов учета происшедших изменений (научно-технический прогресс, инфраструктура, демографические аспекты и т.д.) не привели к сколько-нибудь удовлетворительным результатам. Что касается рекомендаций о возможности применения усредненных индексов цен и коэффициентов-дефляторов к технико-экономическим показателям ТЭО прошлых лет, то такой подход принципиально неверен применительно к конкретному месторождению, характеризующемуся индивидуальными горно-геологическими, географо-экономическими, экологическими и многими другими условиями промышленного освоения.

В сложившихся условиях государство, по существу, лишено главного инструментария и механизма по регулированию отношений недропользования, по оценке и подготовке объектов к лицензированию и их передаче недропользователям в промышленное освоение.

Нижеприведенный экспресс-метод практически решает возникшую проблему.

Научно-технический прогресс и тенденции в области освоения МСБ. Невоспроизводимость и исчерпаемость запасов полезных ископаемых и, в силу этого, неизбежность перехода к разработке менее богатых и более труднодоступных источников минерального сырья — устойчивая тенденция последнего столетия. Тенденция, которая со временем все более усиливается. Это дает основание считать бесспорным тот факт, что месторождение (или его часть), получившее отрицательную оценку в какой-то период времени, — исходя из действующих цен, техники, технологии и уровня экономического развития, — в будущем может оказаться пригодным для промышленного освоения. Соответственно этому, если месторождение когда-либо получило положительную экономическую оценку, то со временем его ценность возрастает, особенно в аспекте промышленного значения. Закономерность упомянутой тенденции обуславливается тем, что в результате научно-технического прогресса (НТП), с одной стороны, увеличиваются объемы промышленного использования минерального сырья, что приводит к быстрому истощению его богатых и легко доступных источников, с другой — НТП обеспечивает экономическую возможность перехода к освоению менее богатых и труднодоступных месторождений полезных ис-

копаемых [4]. Такой ход развития мировой экономики недропользования затрагивает все основные виды полезных ископаемых. Однако это не означает, что по тем или иным видам полезных ископаемых кондиции, установленные в прошлые годы, удовлетворяют современным требованиям к оценке месторождений. Поэтому вышеизложенные тенденции могут служить только как общий ориентир. Методы проверки обоснованности принятых ранее кондиций приводятся ниже.

Предельные уровни качества минерального сырья. При оценке месторождений следует акцентировать внимание на основном параметре кондиций, определяющем экономическую границу балансовой принадлежности запасов. Таким геолого-экономическим параметром в российской практике служит «минимальное промышленное содержание» (Min) полезного компонента, устанавливаемое на подсчетный блок запасов*. Его формула имеет вид [1, 5, 7]:

$$Min = \frac{C}{Ц \cdot P \cdot И}, \quad (1)$$

где C — общая себестоимость в «прирезке», включая все налоги и налоговые платежи (кроме налога на прибыль), добычи и переработки 1 т руды, руб./т; $Ц$ — цена реализации 1 т (г, кг — в зависимости от соразмерности Min) конечного товарного продукта, извлеченного из руды, руб.; P — разубоживание при добыче (коэффициент изменения качества), коэффициент менее единицы; $И$ — коэффициент сквозного извлечения полезного компонента в конечный товарный продукт.

Другими словами, Min — это такой уровень содержания полезного ископаемого в руде в недрах, при котором достигается нулевой эффект на границе балансовой принадлежности запасов: $Min \cdot Ц \cdot P \cdot И - C = 0,00$. По месторождению же в целом (чтобы объект мог бы быть признан как имеющий промышленное значение) его фактическое содержание ($M_{факт}$) должно находиться на уровне не ниже нормативного ($M_{норма}$), т.е. обеспечивающего рентабельность не ниже действующей для данного вида полезного ископаемого нормы прибыли:

$$M_{норма} \cdot Ц \cdot P \cdot И - C \text{ — (налог на прибыль)} \geq \geq \text{норма прибыли.} \quad (2)$$

* Для данного метода — не на блок, а на «прирезку», являющуюся границей балансовой принадлежности запасов (эвристический метод в работах [4, 5]).

Итак, по результатам оценки фактические содержания полезного компонента ($M_{факт}$) по подсчетным блокам и месторождению в целом сопоставляются с Min и $M_{норма}$. И если все подсчетные блоки удовлетворяют Min , а содержание по месторождению в целом равно или выше $M_{норма}$, то объект признается как имеющий промышленное значение, поскольку характеризуется рентабельностью не ниже действующей нормы прибыли. В процессе переоценки запасов, принятых на государственный баланс в период плановой экономики, могут иметь место случаи, когда все блоки удовлетворяют Min , но не обеспечивается по месторождению в целом внутренняя норма прибыли (IRR), характеризующая уровень инвестиционной эффективности в условиях рынка. В этих случаях, особенно это относится к крупным объектам, осуществляется последовательное исключение из промышленного контура наиболее бедных блоков до достижения необходимого уровня IRR. Во всех случаях определения оптимальных экономических границ балансовой принадлежности запасов необходимо руководствоваться критерием, предусматривающим достижение максимального эффекта, но при соблюдении баланса интересов государства и недропользователя в рамках действующего законодательства [2] в части полноты и комплексности освоения недр.

Коэффициенты кондиционности как мера меновой стоимости. В условиях плановой экономики отношение фактического содержания полезного компонента к его нормативному значению именовалось как «коэффициент богатства» и использовалось при ранжировке объектов с целью выбора среди них первоочередных для дальнейшей разведки и промышленного освоения [3]. Этот метод, обладая теми же достоверностью и обоснованностью, что и методы прямых расчетов, излагаемые в ТЭО и ТЭДах, отличался своей оперативностью, простотой и предельно низкой трудоемкостью оценочных операций. Другими преимуществами по отношению к методам прямых расчетов с использованием цен, затрат, показателей технологии и т.д. он не обладал, поскольку эти ценовые и технологические нормативы в течение длительного периода (8–10 лет и более) оставались стабильными (неизменными) и могли быть использованы при любых способах оценки. Сегодня же, в условиях рынка, этот последний фактор приобрел решающее значение. Попытки переоценки запасов полезных ископаемых, принятых на государственный баланс в до-реформенный период, методами прямых расче-

тов с применением интегральных (за период 10 лет и более) дефляторов не привели к сколь-нибудь достоверным результатам. И чем больше временной интервал между первоначальной оценкой и сегодняшней переоценкой, тем существенней ошибка, приводящая к многократному отклонению от истины. Помимо величины временного интервала, причина ошибочных решений заключается и в том, что статистика публикует средние величины дефляторов по России или региону в целом, в то время как каждый конкретный объект недропользования характеризуется индивидуальными горно-геологическими условиями и инфраструктурой, отличными от других объектов данной территории.

Предлагаемый метод экспресс-оценки полностью снимает возникшие проблемы; отпадает необходимость в использовании дефляторов, поскольку в его основе предусматривается соизмерение не абсолютных стоимостных величин, а их меновых стоимостей, определяемых через коэффициенты кондиционности, общая схема которых имеет вид:

$$K_{бог} = \frac{\frac{M_{факт}}{Min}}{\frac{M_{норма}}{Min}} = \frac{KK_{ф}}{KK_{н}}, \quad (3)$$

где $K_{бог}$ — коэффициент богатства; $M_{факт}$ — фактическое содержание полезного компонента в руде в недрах; Min — минимальное промышленное содержание (формула 1); $M_{норма}$ — нормативное содержание (формула 2); $KK_{ф}$ — фактический коэффициент кондиционности; $KK_{н}$ — нормативный коэффициент кондиционности.

Формулы для расчета $KK_{н}$ в условиях плановой экономики и в условиях рынка приводятся ниже. А по данным $KK_{ф}$ определяется: а) в условиях плановой экономики — уровень эффективности капитальных вложений (рентабельность); б) в условиях рыночной экономики — внутренняя норма прибыли (рентабельности IRR), характеризующая уровень инвестиционной эффективности проекта разработки месторождения.

Методы расчета нормативных коэффициентов кондиционности и фактического уровня рентабельности по оцениваемому объекту. Формула 2 для определения нормативного содержания полезного компонента показана в общем виде, приемлемом как для расчетов в условиях плановой экономики, так и в условиях рынка. В условиях «плана» нормативы рентабельности ($E_{н}$) устанавливались по видам полезных ископаемых и имели довольно широкую амплитуду

дифференциации, например по олову $E_H=7\%$ (0,07), а по меди $E_H=25\%$ (0,25), по углю $E_H=10\%$ и т.д.

Норма прибыли в денежном выражении определялась как произведение нормы рентабельности и капитальных вложений: $E_H \cdot K$ — в годовом разрезе или $E_H \cdot K_j$ — в расчете на единицу продукции, что соответствует соразмерности в формуле 2 (K_y — удельные капиталовложения). В соответствии с этим нормативный коэффициент кондиционности (KK_H) как отношение нормативного содержания $M_{норма}$ к минимальному промышленному (Min) составит:

$$KK_H = 1 + \frac{E_H \cdot A_{mm} \cdot T_э}{1 - H_n}, \quad (4)$$

где $T_э$ — срок службы (отработки запасов), годы; A_{mm} — удельный вес капитальных вложений в строительство предприятия в общей сумме затрат за $T_э$ лет; H_n — ставка налога на прибыль в долях единицы. Принимается в расчет согласно действующему законодательству на дату оценки.

Сопоставив фактический коэффициент кондиционности (KK_ϕ) с нормативным, полученным по формуле 4, находим коэффициент богатства ($K_{бог}$), который должен быть больше единицы (1,0), если фактическая рентабельность разработки месторождения (E_ϕ) превышает норматив (E_H). И, наоборот, $K_{бог} < 1,0$, если $E_\phi < E_H$.

Фактическая рентабельность (E_ϕ) по данным известной величины (KK_ϕ) определяется прямым расчетом по формуле:

$$E_\phi = \frac{(KK_\phi - 1)(1 - H_n)}{A_{mm} \cdot T_э}. \quad (5)$$

В условиях рынка норма прибыли в формуле 2 определяется из выражения NPV (чистая современная приведенная стоимость), имеющего вид:

$$NPV = \frac{Ч_{nn} \cdot T_э + K}{T_э} \cdot \alpha_1 - \frac{K}{T_c} \alpha_2, \quad (6)$$

$$\alpha_1 = \frac{(1 + E_{cm})^{T_э} - 1}{E_{cm}(1 + E_{cm})^{T_э + T_c}}; \quad \alpha_2 = \frac{(1 + E_{cm})^{T_c} - 1}{E_{cm}(1 + E_{cm})^{T_c}}$$

где $Ч_{nn}$ — чистая годовая прибыль недропользователя; K — общие капитальные вложения в строительство предприятия; E_{cm} — принятая ставка дисконтирования [1, 7]; $T_э$ и T_c — срок эксплуатации и срок строительства.

Согласно Методическим рекомендациям [8], проект считается приемлемым по уровню инвестиционной эффективности, если NPV характери-

зуется положительным значением. Другими словами, инвестиционная эффективность, измеряемая показателем внутренней нормы рентабельности (IRR), становится равной ставке дисконтирования (E_{cm}), когда $NPV=0$. При $NPV > 0$ $IRR > E_{cm}$.

Пользуясь этой зависимостью, находим величину $Ч_{nn}$, при которой $IRR = E_{cm}$, т.е. находим $Ч_{nn(норма)}$. Затем, рассчитав $Ч_{nn(норма)}$ на 1 т руды, как это предусмотрено формулой 2, определяем искомый нормативный коэффициент кондиционности (KK_H) в условиях рынка по следующим формулам.

Месторождения, разведанные и подготовленные для промышленного освоения:

$$KK_H = 1 + \frac{A_{mm}(\alpha_2 \cdot T_э - \alpha_1 \cdot T_c)}{\alpha_1 \cdot T_c(1 - H_n)}. \quad (7)$$

Месторождения, находящиеся в разработке:

$$KK_H = 1 + \frac{0,25}{1 - H_n}. \quad (8)$$

В расчетах (KK_H) для новых месторождений (формула 7), в случае отсутствия достоверных исходных данных, могут быть использованы показатели из «норм технологического проектирования», скорректированные исходя из опыта перехода к рыночным условиям (табл. 1), а также опытные и статистические данные о структуре затрат и удельном весе амортизации (A_{mm}) — табл. 2 и пояснения к ней.

В табл. 2 приводятся средние данные по РФ и отраслям промышленности, которые могут служить лишь в качестве иллюстрации того, как резко за 10 лет снизился удельный вес амортизации (A_{mm}) в связи с ростом налоговой нагрузки (графа «прочие затраты») и социальных отчислений. Приняв эти данные в качестве общего ориентира и учтя конкретные данные по десяткам объектов недропользования за последние годы, авторы пришли к выводу, что при прочих равных условиях (освоенность района расположения объекта оценки, инфраструктура и т.д.) и тенденциях к росту (A_{mm}) этот показатель колеблется по твердым полезным ископаемым от 5% для крупных месторождений до 10% для средних и до 20% и более для мелких объектов. Например, по 15 золоторудным месторождениям, оцененным в 2001–2003 гг., (A_{mm}) составлял 18–24%. В результате обобщения данных этого анализа рекомендуется уровни A_{mm} определять по формуле:

$$A_{mm(z)} = 20 - \frac{20 - 5}{20 - 1}(T_э - 6) \quad (9)$$

1. Примерные нормативы обеспеченности запасами (из норм технологического проектирования, скорректированных исходя из опыта перехода к рыночным условиям)

Группы объектов	Эксплуатационные запасы сырья (руды), млн. т «З»	Годовая производительность предприятия, млн. т «А»	Срок обеспеченности запасами, годы «Т _э »	Срок строительства предприятия, годы «Т _с »
I	До 3,0	До 0,5	6	1
II	До 10,0	До 1,0	10	2
III	До 24,0	До 2,0	12	2
IV	До 75,0	До 5,0	15	3
V	До 200,0–250,0	До 10,0	20	4
VI	250 и более	≥ 10	25	5

Примечание. При расчете Т_э учтены рекомендации [7] об использовании формулы Тэйлора: $T_{э} = 6,5^4/3$, где 3 — геологические запасы руды в недрах.

2. Структура затрат на производство продукции по отраслям промышленности, по данным статистического ежегодника, %

Отрасли	Годы	Все затраты	В том числе				
			материальные	на оплату труда	отчисления на социальные нужды	амортизация основных средств	прочие
Вся промышленность	1990	100	68,6	13,0	2,2	12,1	4,1
	1999	100	64,7	11,8	4,4	4,5	14,6
Электроэнергетика	1990	100	56,6	10,2	2,2	27,2	3,8
	1999	100	65,8	8,2	3,1	8,6	14,3
Нефтедобыча	1990	100	23,6	5,0	1,2	46,7	23,5
	1999	100	52,2	8,0	2,8	9,4	27,6
Газовая промышленность	1990	100	59,6	3,2	0,6	29,2	7,4
	1999	100	34,5	10,6	4,0	8,7	42,2
Угольная промышленность	1990	100	45,4	25	2,3	21,2	6,1
	1999	100	47,9	22,1	8,1	8,2	13,7
Черная металлургия	1990	100	69,6	10,4	1,5	17,2	1,3
	1999	100	72,2	9,8	3,7	2,8	11,5
Цветная металлургия	1990	100	77,2	7,8	1,2	10,7	3,1
	1999	100	62,1	12,7	4,6	3,2	17,4
Промстрой-материалов	1990	100	55,8	20,3	3,3	16,4	4,2
	1999	100	64,3	15,9	5,9	4,5	9,4

или $A_{\text{мт}} = 24,74 - 0,79 T_{э}$.

Так, при сроке службы $T_{э} = 10$ лет $A_{\text{мт}}$ составит:

$$A_{\text{мт}} = 20 - \frac{20-5}{20-1} (10-6) = 16,8\%.$$

Что касается уровня фактической рентабельности, то в отличие от прямого расчета, как это было показано для условий плановой экономики (формула 5), здесь внутренняя норма прибыли IRR определяется по стандартной программе («Метод подбора») компьютеризированных технологий. Например, при $A_{\text{мт}} = 0,05$, $T_{э} = 25$, $T_{с} = 5$, $E_{\text{см}} = 15\%$ (0,15) и $H_{\text{н}} = 24\%$ (0,24) нормативный коэффициент кондиционности ($KK_{\text{н}}$), рассчитан-

ный по формуле 7, составит:

$$KK_{\text{н}} = 1 + \frac{0,05(3,352 \cdot 25 - 3,214 \cdot 5)}{3,214 \cdot 5(1 - 0,24)} = 1,277.$$

И если фактический коэффициент кондиционности ($KK_{\text{ф}}$) равен, например, 1,429 (при $KK_{\text{н}} = 1,277$), то коэффициент богатства по данному объекту составит $K_{\text{бог}} = 1,429 : 1,277 = 1,119$ (формула 3), а фактическая внутренняя рентабельность $IRR = 20\%$ против принятой нормы в 15%. Это вытекает из того, что если в формуле $KK_{\text{н}}$ методом компьютеризированного подбора использовать ставки в 15, 16, 17% и т.д., то при ставке в 20% будут получены интегральные ко-

эфициенты учета фактора времени на уровне

$$\alpha_1 = \frac{1,2^{25} - 1}{0,2 \cdot 1,2^{25+5}} = 1,988,$$

$$\alpha_2 = \frac{1,2^5 - 1}{0,2 \cdot 1,2^5} = 2,991,$$

$$а \quad K_{\phi} = 1 + \frac{0,05(2,991 \cdot 25 - 1,988 \cdot 5)}{1,988 \cdot 5(1 - 0,24)} = 1,429,$$

что строго соответствует фактической кондиционности данного объекта.

Таким образом, при $K_{602} = 1,119$ рентабельность IRR возрастает с 15% по норме до 20%. Вопрос о том, насколько представляется реальным численное значение KK_{ϕ} , где использовано минимальное промышленное содержание (*Min*), установленное в ТЭО прошлых лет, рассматривается далее. Что касается экономико-математической корректности показателя KK_H , то это доказано путем сопоставления результатов, получаемых прямыми расчетами по данным конкретных месторождений с использованием исходных данных о ценах, затратах и показателях технологии, с результатами, полученными по формулам 4 и 7, где эти исходные данные полностью отсутствуют. Прямой счет и расчет по формулам 4 и 7 дают строго адекватные результаты.

Анализ метода и рекомендации по его применению. Вопрос определения критериальной основы и минимального промышленного содержания имеет многолетнюю историю. Он многократно дискутировался в прошлые годы (см. журнал «Советская геология»), продолжает обсуждаться и сейчас [6]. Применительно к данной методике вопрос заключается в следующем. При многовариантном оконтуривании, в целях определения оптимальной границы балансовой принадлежности запасов, расчет минимального промышленного содержания (*Min*), устанавливаемого на подсчетный блок, не только не способствует достижению цели, но и является излишней оценочной операцией. Так, если в первом варианте оконтуривания при детально обоснованном *Min* не обеспечивается действующая норма внутренней прибыли (IRR), то необходимо исключить из контура наиболее бедные блоки. В связи с этим снижаются запасы, производительность рудника, повышается себестоимость и т.д., в силу чего необходим повторный расчет *Min* без гарантии того, что при этом будет достигнут требуемый уровень IRR. От варианта к варианту величина *Min* повышается, и поэтому те блоки, которые удовлетворяли предыдущему

Min, при новом *Min* могут оказаться некондиционными. Итак, величина *Min* в последнем варианте может превышать содержание в группе блоков, представляющих наиболее богатую часть месторождения. Этот аспект детально обоснован в работе [4, с. 28–29, 92], где предложен «эвристический метод», принятый для применения многими отечественными специалистами и стран бывшего СЭВ. Совершенно очевидно, что при определении оптимальной границы балансовой принадлежности запасов многократный расчет *Min* через цены и затраты — бесполезная и ненужная процедура. Поиск оптимума граничного содержания диктуется самой природой.

Кондиционным содержанием является тот его реальный уровень, при котором достигается максимум суммарного эффекта (прибыли) за весь срок (T_3) разработки месторождения. И если при этом не обеспечивается норма рентабельности, то путем последовательного исключения наихудших по содержанию блоков эта цель достигается, если, конечно, месторождение располагает необходимой частью богатых запасов. В этом случае кондиционным минимальным содержанием будет содержание в наихудшем блоке, остающемся в оптимальном контуре, при котором обеспечивается IRR не ниже нормы. При этом, естественно, учитываются горно-технические условия компактного поблочного расположения запасов, подлежащих отработке. Таким образом, показатель фактической кондиционности (KK_{ϕ}), представляющий отношение фактического содержания по месторождению в целом к фактическому граничному (обозначаемому в нашей методике *Min*), не требует привлечения цен и затрат, а также индексов-дефляторов для пересчета этого показателя в рыночных условиях. И если фактический (KK_{ϕ}) при оценке окажется ниже нормативного коэффициента кондиционности (KK_H) в рыночных условиях, то этот вопрос опять же решается без использования цен и дефляторов.

Нормы рентабельности и учет фактора времени. В условиях плановой экономики нормы эффективности капиталовложений (E_H) дифференцировались по видам полезных ископаемых в широких пределах от $E_H = 6-7\%$ по олову до $E_H = 20-25\%$ по меди. В настоящее время ставка дисконтирования (E_{cm}) при $IRR = E_{cm}$ принята единой для всех полезных ископаемых, в том числе и по углю, и железным рудам, на уровне 15% [1, 7]. (Нормативные документы [1, 7] изданы в 1997 и 1999 гг. Поэтому не исключено, что

оценка месторождений и их постановка на государственный баланс осуществлялись до 1997 г. по нормативам, действовавшим в условиях плановой экономики.). Это дает основание полагать, что те объекты, которые были приняты на госбаланс при нормативе $E_H=25\%$, в рыночных условиях при $IRR=15\%$, безусловно, сохраняют свою промышленную ценность и их переоценка (в целях отбраковки нерентабельных объектов) не требуется. Но при этом необходимо учитывать следующие два обстоятельства, имеющие противоположную направленность.

В условиях плановой экономики часть капиталовложений (инфраструктура, часть подъездных путей, линии электропередач и др.) не относилась на объект оценки, а осуществлялась за государственный счет. И если за период между прошлой и современной оценками в освоенности данного района не произошло никаких существенных изменений, то при оценке в рыночных условиях потребуются внесение существенных коррективов, отягчающих экономику разработки месторождения. С другой стороны, рентабельность разработки объекта может существенно повыситься по отношению к прошлой оценке, если за указанный период произошли положительные изменения в освоенности района местоположения объекта недропользования. Указанные обстоятельства могут служить одним из главных оснований для уточнения показателя $A_{мт}$, численные значения которого рекомендовано определять по формуле 9.

Большой практический интерес представляет сопоставление степени влияния фактора времени на результаты оценки. Если сопоставить результаты оценки нормативного коэффициента кондиционности (KK_H) в условиях плановой экономики (формула 4) и в условиях рынка (формула 7), то при одной и той же нормативной ставке

(проценте) рентабельности ($E_H=E_{cm}=IRR$) более жесткие требования предъявляет рынок при длинных сроках проекта. А при плановом хозяйстве, наоборот, жесткость нормативных требований возрастает при коротких сроках. Так, из табл. 3 видно, что в условиях «плана» при переходе от проекта с $T_э=25$ лет и $T_c=5$ лет на $T_э=10$ лет и $T_c=2$ года KK_H возрастает при всех нормах E_H , что в рыночных условиях (где «время — деньги») является противоестественным и характеризуется противоположной динамикой.

Особый интерес представляет степень влияния сроков строительства. Так, в условиях «плана» при увеличении срока (T_c) с 2 до 5 лет при $T_э=10$ лет нормативные требования при всех значениях E_H остались неизменными (в условиях плановой экономики очень характерен был так называемый «долгострой»: при оценке месторождений срок строительства никак не влиял на результаты оценки). В условиях же рынка KK_H четко и резко прореагировал на эти изменения. При $E_{cm}=IRR=15\%$ норматив рентабельности, которым, по существу, является KK_H , возрос с 25,2 до 37,3%, т.е. почти в 1,5 раза, а при $E_{cm}=20\%$ — в 1,57 раза.

Метод сопоставления оценки объектов по нормативам прошлых лет с данными переоценки в современных условиях. В табл. 3 показана сопоставительная характеристика показателя KK_H при единых нормативах $T_э, T_c, A_{мт}, E_H=E_{cm}=IRR$, чтобы проиллюстрировать влияние каждого фактора в отдельности при прочих равных условиях. На практике же необходимо сопоставление в реальных цифрах, соответствующих времени оценки и переоценки. Так, если принять для сопоставления месторождение, характеристика которого изложена в строке 1 табл. 3, и применить для каждого периода (оценки и переоценки) свои нормативы и формулы для расчета,

3. Сопоставление нормативов рентабельности и кондиционности в условиях рынка и плановой экономики

Срок службы по проекту, годы $T_э$	Срок строительства по проекту, годы T_c	Удельный вес амортизации, % $A_{мт}$	Нормативные коэффициенты кондиционности KK_H					
			Плановая экономика (формула 4) при нормативах рентабельности E_H			Рыночная экономика (формула 7) при нормативах (ставках) дисконтирования $E_{cm}=IRR$		
			15%	20%	25%	15%	20%	25%
25*	5	5	1,247	1,329	1,411	1,277	1,429	1,612
10*	2	16,8	1,332	1,442	1,553	1,252	1,358	1,476
10*	5	16,8	1,332	1,442	1,553	1,373	1,563	1,671

* $T_э, T_c$ и $A_{мт}$ в первых двух строках приняты (для сопоставимости результатов) по нормативам рынка, а в третьей строке T_c увеличен с 2 до 5 лет с тем, чтобы определить степень влияния сроков строительства на результаты в условиях «плана» и рынка.

то результат такого сопоставления может быть представлен следующим образом (табл. 4).

Как видно из табл. 4, в условиях рынка, несмотря на более высокие нормативные требова-

тех, которые изначально получили оценку на уровне $IRR=16-17\%$. Этот аспект является наиболее важным и ответственным при реализации предлагаемого метода экспресс-оценки.

4. Сопоставительная характеристика оценки месторождения по нормативам планового хозяйства и в условиях рынка

№№ п/п	Наименование показателя	Показатели	
		Плановая экономика	Рынок
1	2	3	4
1	Геологические запасы руды (Z_1), млн. т	218,83	218,83
2	Эксплуатационные запасы руды (Z_2), млн. т	195	195
3	Содержание металла в геологических запасах ($M_{факт}$), %	1,5	1,5
4	Минимальное содержание в контуре балансовых запасов — на границе балансовой принадлежности запасов (Min), %	1,0	1,0
5	Фактический коэффициент кондиционности ($KK_{ф}$)	1,5	1,5
6	Срок службы предприятия (T_3), лет	30	25
7	Срок строительства (T_c), лет	6	5
8	Удельный вес амортизации в структуре затрат (капиталовложения в общих затратах за T_3 лет ($A_{ам}$), %	10	5
9	Норма эффективности капиталовложений (графа 3 — E_H) и ставка дисконтирования (графа 4 — $E_{см}$)	10	15
10	Нормативный коэффициент кондиционности (KK_N): графа 3 — по формуле 4, графа 4 — по формуле 7	1,395	1,277
11	Коэффициент богатства ($K_{бог}$)	1,075	1,175
12	Фактическая рентабельность ($E_{ф}$ — по графе 3 и IRR — по графе 4), %	12,7	21,9

Пр и м е ч а н и е. Принята одинаковая по графам 3 и 4 ставка налога на прибыль, поскольку к табл. 4 в ТЭО прошлых лет она не принималась в расчет, точнее — не выделялась в расчетах, хотя в общих суммах присутствовала. Принято $H_n=24\%$.

ния по рентабельности ($E_{см}=15\%$ против $E_H=10\%$), по данному объекту получен более высокий результат, чем в условиях плановой экономики. Это объясняется тем, что в современных условиях производительность по добыче руды возросла с 6,5 (195:30) до 7,8 млн. т в год. Рост ее составил 20%, а производительность труда в строительстве (в расчете на объем создаваемых мощностей в год) — 44%. Указанный расчет служит примером предварительной разбраковки месторождений, принятых на государственный баланс в дореформенный период. По крупным объектам, не получившим положительной оценки в процессе предварительной разбраковки, окончательная экспресс-оценка осуществляется с использованием методики повариантного оконтуривания и подсчета запасов. Так, если на крупном объекте после предварительной разбраковки достигнут $IRR=11\%$ (при норме 15%), а после исключения из его промышленного контура части наихудших блоков этот показатель возрастет до 20% и более, то данный объект и по масштабам, и по уровню рентабельности может оказаться более перспективным, чем многие из

Практическая реализация метода экспресс-оценки. Базой данных для проведения экспресс-оценки служат ТЭО прошлых лет, на основе которых утверждены кондиции и осуществлена постановка запасов на государственный баланс. Согласно действовавшим инструкциям по кондициям в каждом ТЭО должны рассматриваться и оцениваться не менее трех вариантов оконтуривания запасов. А в ныне действующих методических рекомендациях [7] указано, что число вариантов должно быть «четыре–пять, но не менее трех». Этой базы вполне достаточно, чтобы определить промышленную ценность объекта в современных условиях. А в случае, если по месторождению в целом оценка окажется неудовлетворительной, метод обеспечивает возможность установления той его части запасов, которая характеризуется уровнем инвестиционной эффективности (IRR) не ниже рыночной нормы.

Главным вопросом в порядке подготовки к оценке является уточнение величины капитальных вложений, которая значится в ТЭО как относимая сумма за государственный счет, но в условиях рынка должна быть учтена в оценочных

5. Экспресс-оценка по вариантам оконтуривания запасов (при ставке дисконтирования $E_{см}=15\%$)

Номера вариантов оконтуривания	$3 M_{\phi} 3 M_{\phi}$	$M_{\phi}, \%$	$M_{it}, \%$ (в «прирезке»)	KK_{ϕ}	T_{ϕ}	T_c	A_{sm}	KK_{it}	$K_{боз}$	IRR, %
1	218-0,015=3,285 88-0,01=0,88 («прирезка» № 1)	1,500	1,00	1,500	25	5	10,0	1,555	0,960	13,9
2	130-0,0185=2,405 40-0,011=0,44 («прирезка» № 2)	1,850	1,10	1,682	22	4	11,6	1,507	1,116	18,4
3	90-0,0218=1,965 10-0,012=0,12 («прирезка» № 3)	2,18	1,20	1,817	20	4	12,6	1,495	1,215	20,9
4	80-0,0231=1,845	2,31	1,30	1,777	19	3	13,2	1,442	1,232	22,5

Примечание. 1. Расчет A_{sm} по вариантам выполнен по формуле 9, но в числителе которой вместо цифры «5» принято «10», поскольку у данного объекта вместо общепринятых 5% при $T_{\phi}=25$ лет обесценен уровень в 10%. Остальные параметры установлены в строгом соответствии с положениями и формулами, предусмотренными для условий рыночной экономики. 2. Показатель M_{it} — фактическое содержание в «прирезке», принят по форме, рекомендуемой эвристическим методом, и по аналогии с тем, как это общепринято при использовании «бортного содержания» — с равномерным «шагом» от варианта к варианту. В данном примере «шаг» в 0,1%. 3. Каждый последующий (после первого) вариант образован путем вычета запасов руды и металла, содержащихся в «прирезках» между вариантами. 4. При использовании при оконтуривании общепринятого параметра — бортного содержания, устанавливаемого с равномерным «шагом», тенденция повышения качества запасов в «прирезках» (а также повышения качества по вновь образованному варианту в целом) сохраняется; общая схема повариантного оконтуривания и оценки не нарушится и будет получен тот же результат. 5. Конечно же, могут быть отклонения, если в ТЭО принят очень крупный «шаг» между бортами. В этом случае более точный результат может быть получен при формировании вариантов путем последовательного исключения из контура наиболее белых подсчетных блоков. Необходимые данные для этого имеются в любом ТЭО и планах подсчета запасов.

расчетах. Это необходимо для корректировки показателя A_{mm} . С учетом этих и других изменений после предварительного этапа разбраковки оценка объектов осуществляется по схеме, изложенной в табл. 5.

В качестве примера принят тот же объект, оценка которого приведена в графе 4 табл. 4. Но здесь, после уточнения капитальных затрат, A_{mm} повысился с 5 до 10% и по месторождению в целом IRR снизилась с 21,9 до 13,9% против норматива в 15%. Однако уже после первого исключения из контура наиболее бедных запасов с содержанием в 1% его оценка повысилась до IRR=18,4%. Дальнейшее исключение «прирезки» с $Min=1,2\%$, для повышения IRR до 20,9%, не только нецелесообразно, но и противозаконно, так как в этом случае будут исключены запасы с рентабельностью более норматива, что противоречит закону «О недрах» [2]. Таким образом, из 218 млн. т руды и 3,285 млн. т металла сохранилось на балансе 130 млн. т руды (59,6%) и 2,405 млн. т металла (73,2%), которые с полным основанием могут быть отобраны в качестве первоочередных объектов для промышленного освоения.

В заключение отметим следующее.

Применяемые методы переоценки запасов, предусматривающие использование индексов цен и дефляторов, многократно искажают промышленную ценность месторождений; не учитывают происшедших инфраструктурных, демографических, социально-экономических и других изменений в районах местоположения объектов недропользования.

Метод экспресс-оценки позволяет обеспечить оперативное и научно обоснованное реше-

ние государственной проблемы по переоценке месторождений, запасы которых приняты на баланс в дореформенный период. Проблема может быть решена в кратчайшие сроки при соответствующей организации оценочных работ в Центре и на местах с привлечением геологических организаций минерально-сырьевых регионов России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований (ТЭО) кондиций на минеральное сырье.* – М.: ГКЗ МПР России, 1997.
2. *Закон РФ «О недрах» // Сборник нормативных актов.* Вып. 14. М., 2002.
3. *Кац А.Я.* Методика геолого-экономической оценки рудных месторождений (проект) / Науч. рук. Н.А.Хрущов. – М.: ВИЭМС, 1975.
4. *Кац А.Я., Денисов М.Н., Регентов С.Н.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых (Методические рекомендации). – М.: Мингео СССР, ВИЭМС, 1986.
5. *Кац А.Я., Кочетков Б.В., Регентов С.Н.* Методические положения по экономической оценке месторождений полезных ископаемых. Изданы по результатам Всесоюз. конкурса ГКНТ и АН СССР. М., 1990.
6. *Козловский Е.А., Кац А.Я.* Минерально-сырьевая база и государственное регулирование недропользования в России // *Экономические стратегии (ЭС).* 2000. № 2. С. 59–67.
7. *Методические рекомендации по геолого-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев).* – М.: ГКЗ МПР России, 1999.
8. *Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) / В.В.Косов, В.Н.Лившиц, А.Г.Шахназаров.* – М.: АО «НПО», Изд-во «Экономика», 2000.

УДК 550.93:553.411 (571.511)

© Коллектив авторов, 2003

ВОЗРАСТ ПРОДУКТИВНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ТАЙМЫРО-СЕВЕРО-ЗЕМЕЛЬСКОЙ ЗОЛОТОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Ю.А.Эпштейн (ЦНИГРИ МПР России), А.Г.Листков, Д.И.Кочергин, А.В.Черепанов, М.И.Бенца (ДГГУП ЦАГРЭ)

Приведены данные, обосновывающие герцинский возраст золотой минерализации месторождений Таймыро-Североземельской провинции. Даны рекомендации о необходимости выделения и расшифровки структур герцинской тектономагматической активизации, их взаимоотношений с докембрийскими структурами, а также закономерностей размещения в них магматических, метасоматических и золоторудных образований при проведении геолого-съёмочных и поисковых работ в регионе.

Вопрос о возрасте продуктивного оруденения Таймыро-Североземельской золотоносной провинции (ТСЗЗП) весьма актуален для определения рациональных направлений поисков и оценки золоторудных месторождений на этой слабоизученной территории. Ответ на него играет большую роль и для выбора методических приемов, связанных со спецификой поисковых работ на золото в условиях провинции.

В первый период изучения провинции (1950–1990 гг.), благодаря трудам геологов (В.Г.Кузьмина, Б.С.Васильева, В.Н.Фокина, Н.К.Шануренко, А.И.Забияки, С.С.Сердюка, В.В.Беззубцева и др.) из НИИГА (позже Севморгео, ВНИИОкеангеология), ЦАГРЭ, СНИИГиМС, Красноярской ГСЭ и их подразделений, сформировалось мнение о многократности проявления продуктивной золотой минерализации с архея до мезозоя. Оно базировалось на материалах ГГС-500 и более мелких масштабов, а также на первых результатах ГГС-200 и в единичных случаях — ГСР-50 на небольших площадях. Основное внимание было сосредоточено на поисках и разведке россыпей и попутно на исследовании коренной золотоносности. Информация о наличии коренного золота поступала и при проведении тематических работ.

В результате были обнаружены многочисленные точки золотой минерализации и ряд золотых рудопоявлений. Однако фактов, обосновывающих многократность проявления золотого оруденения, было собрано мало, что позволило В.Г.Кузьмину (1990) считать подавляющее большинство возрастных оценок золотой минерализации декларативными.

Работами первого периода установлено, что территория ТСЗЗП в докембрии развивалась

как геосинклиналь с проявлением эвгеосинклинальной и миогеосинклинальных зон, подверглась байкальской складчатости и затем существовала в субплатформенном режиме вплоть до конца среднего карбона. Герцинский этап был ознаменован длительной (почти до конца триаса) и сложной тектономагматической активизацией (ТМА), сопровождавшейся интенсивной складчатостью, надвигами вплоть до шарьяжей на Таймыре, а также обильным и разнообразным проявлением магматических образований. С конца триаса на территории ТСЗЗП наступил субплатформенный режим с отчетливо проявленными блоковыми движениями и местами активным рифтогенезом. Такое развитие территории описано практически во всех обобщающих работах по геологии региона [1–3, 10–12]. Указанные события составляют основной каркас любых тектонических обобщений, несмотря на широкий диапазон трактовки генезиса структур ТСЗЗП, начиная от различных концепций геосинклинального развития вплоть до разного рода плейттектонических построений. Рядом исследователей Таймыра (М.Г.Равич, Ю.Е.Погребницкий, А.И.Забияка и др.) долгое время выделялись также карелиды и докарельские (архейские) образования, присутствие которых среди структур, выходящих на земную поверхность, оспаривалось многими учеными. Отсутствие архейских образований в регионе подтверждено позднее [2].

Что касается датировок проявлений коренной золотоносности, то последняя часто приписывалась всем этапам развития ТСЗЗП, в том числе и проблематичным докарельскому и карельскому, а в базальных конгломератах каждо-

го этапа предполагались месторождения типа Витватерсранд. Был сделан вывод о главной роли докембрийской золотой минерализации в общей продуктивности золотого оруденения ТСЗЗП, который получил широкое отражение во многих фондовых работах и публикациях [2, 3, 12, 13 и др.] и до последнего времени доминировал среди имеющихся представлений.

Доводами в пользу докембрийского возраста продуктивной минерализации служили:

приуроченность главной массы золотых месторождений, рудопроявлений, шлиховых ореолов рассеяния золота и точек минерализации к территории в северной и центральной частях п-ова Таймыр и на островах архипелага Север-

ная Земля, сложенного докембрийскими образованиями (рис. 1);

анalogии в строении этой территории со строением ряда известных и значительно более изученных золотоносных районов России и мира с высокой интенсивностью проявления докембрийских тектономагматических процессов;

связь кварцево-жильных образований — основных носителей высоких содержаний золота на большинстве выявленных золоторудных объектов — с докембрийскими складчатыми структурами. При этом в экзоконтактах герцинских магматических тел отмечается ороговикование жильных образований, наблюдаются их повсеместный интенсивный катаклиз в зонах развития

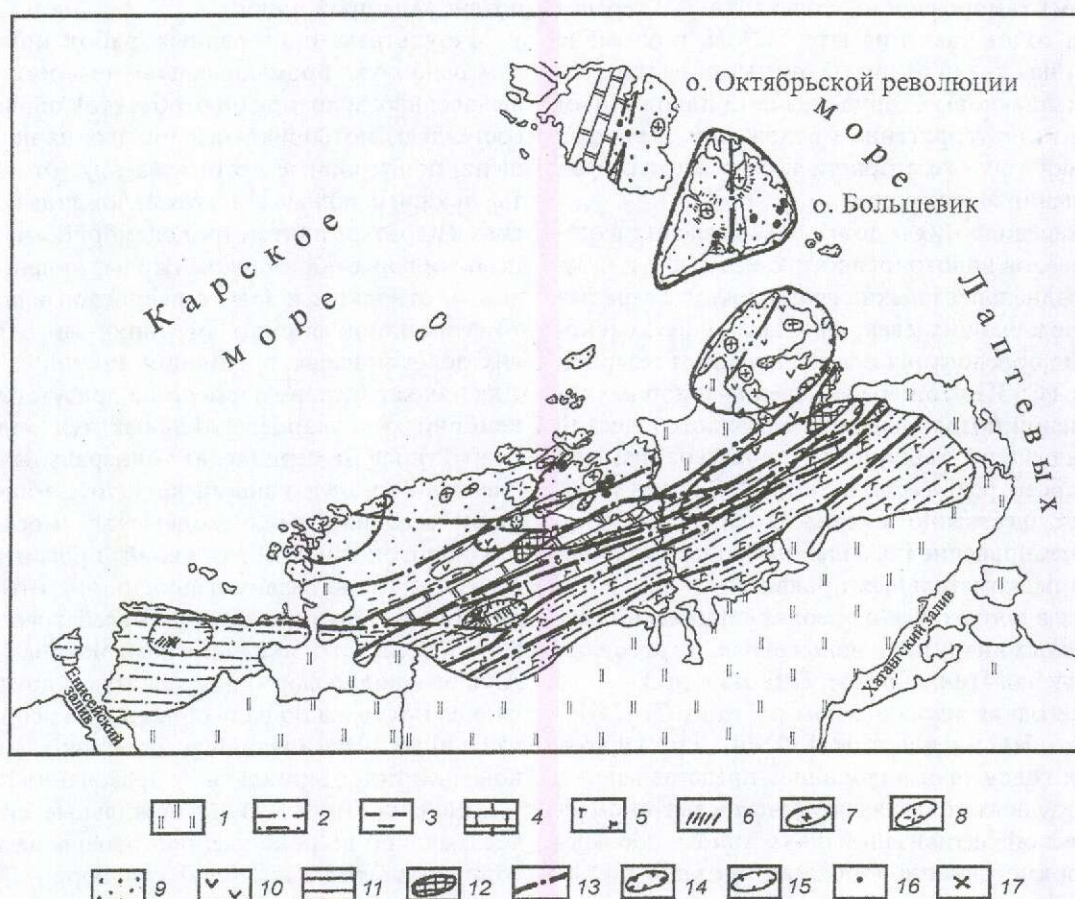


Рис. 1. Размещение золотоносных районов Таймыро-Североземельской золотоносной провинции:

1 — чехол рыхлых и слабодиагenezированных нижнеюрских-четвертичных отложений; палеозойские образования: 2 — терригенные (пермско-триасовые), 3 — терригенно-карбонатные и терригенные, 4 — преимущественно карбонатные отложения, 5 — интенсивно проявленные трапповые (пермско-триасовые) образования (покровы, силлы, дайки в толщах разного состава), 6 — крупные поля интенсивно проявленных даек дифференцированного состава, в том числе и лампрофировых, 7 — позднепалеозойские гранитоидные интрузии, обнаженные на поверхности, 8 — то же, установленные на глубине по геофизическим данным; докембрийские образования: 9 — терригенные преимущественно флишеидные, 10 — терригенно-карбонатно-вулканогенные, 11 — карбонатные и терригенно-карбонатные отложения, 12 — выступы кристаллических пород; 13 — основные глубинные разломы; 14 — золотоносные районы с преимущественным развитием формаций золото-кварцевой и золото-сульфидных вкрапленных руд; 15 — золотоносные районы с преимущественным развитием золото-мышьяково-ртутного оруденения; 16 — золоторудные объекты с определенным абсолютным возрастом руд по галениту; 17 — золото-ртутно-сурьмяные объекты с геологически доказанным герцинским возрастом руд

герцинских структур, наличие материала жил в обломках тектонических брекчий в зонах герцинских надвигов и т.п.;

повышенные (на порядок выше кларковых) околокларковые содержания золота в некоторых частях разреза вендских толщ.

Вместе с тем, в южной части Горного Таймыра еще в сороковые годы было обнаружено золото-ртутно-сурьмяное перспективное проявление Извилистое с оруденением, наложенным на фаунистически охарактеризованные терригенно-карбонатные отложения силура-ордовика и рвущие их дайки позднепалеозойских пород основного и кислого составов, а также позднепалеозойских или раннемезозойских (по разным авторам) лампрофиров (керсантитов). В середине 50-х годов также на юге ТСЗЗП, в бассейне р. Убойная, были открыты рудные объекты с золото-мышьяковым оруденением, наложенным на пермские терригенные отложения, и рвущие их дайки того же возраста и состава, что и на проявлении Извилистое.

К середине 70-х годов было выявлено тяготеющие ареалы золотоносности к массивам и штокам позднепалеозойских гранитоидов с сериями сопровождающих даек, прорывающих докембрийские образования в центральной и северной частях ТСЗЗП. По мере выявления подобных соотношений представления о металлогенической специализации герцинских процессов изменялись: кроме редкометальной (Mo, Sn) признавалась и существенно золотая. Этому способствовало установление повышенных содержаний золота в редкометальных проявлениях, локализованных в контактовых ореолах герцинских гранитоидных интрузий и наложенных на роговики (проявления Никитинское, 8 марта и др.).

Благодаря тематическим работам (Н.К.Шануренко, Б.С.Васильев, В.И.Фокин и др.) в конце 80-х годов сформировались представления о золоторудных объектах герцинской тектономагматической активизации двух типов: проявлений «прямой линии» (эпоха активизации) и полиформационных-полихронных (наложение герцинских гидротермалитов на докембрийские). Подобным объектам уделялось внимание как заметному элементу прогнозируемого потенциала минерально-сырьевой базы золота; рассматривались их взаимоотношения с герцинскими магматическими телами, подчеркивалась связь с герцинским гранитоидным магматизмом, однако промышленное значение оценивалось относительно скромно.

На второй период изучения золотоносности

региона (90-е годы) приходится разворот ГГС-200, проведение ГСР-50 с общими поисками на главнейших площадях, охват густой сетью поисковых маршрутов наиболее перспективных участков (как в пределах территорий ГСР-50, так и рядом с ними) и постановка поисково-оценочных работ на золоторудных объектах с сопутствующими горно-буровыми работами на обнаруженных золотоносных телах. Соответственно увеличился объем информации о строении тел золотоносных гидротермалитов, взаимоотношениях слагающих их компонентов между собой и с вмещающими породами, а также об истинных масштабах проявления гидротермалитов и их значении для золоторудного промышленного потенциала провинции.

Результаты проведенных работ показали, что основную промышленную ценность среди выявленных золоторудных объектов провинции составляют потенциальные (оценка их не завершена) полихронные месторождения. Эти объекты, локализованные в местах наложения герцинских гидротермалитов на докембрийские кварцево-жильные образования (жилы, жильные системы), относятся к золото-кварцевой или золото-сульфидной формациям, типичным для многих золотоносных провинций России и мира. Для них характерно совместное присутствие докембрийских кварцево-жильных тел «альпийского типа» и герцинских минеральных комплексов с продуктивными на золото минеральными ассоциациями. Сходные взаимоотношения золотоносных образований, проявившихся в разные этапы развития провинций, отмечены для золотых месторождений Енисейского кряжа [7-9] и Ленского золотоносного района [6, 14]. Аналогичная информация для этих и других регионов получена по ряду объектов на основании изотопных исследований и изучения взаимоотношений гидротермальных образований [4, 5].

Докембрийские жилы и жильные системы чрезвычайно широко распространены на территории развития докембрийских пород ТСЗЗП. Среди терригенных отложений, затронутых, как правило, региональным метаморфизмом зеленокаменной фации, их обычно сопровождают кварц-карбонат-хлоритовые иногда с серицитом метасоматиты, образующие прерывистые тонкие (миллиметры, первые сантиметры) оторочки около жил и прожилков и часто полностью замещающие ксенолиты вмещающих пород в кварцевых образованиях. В жильных телах среди вулканитов эвгеосинклинальной зоны такие околожильные изменения развиты мощнее. В

породах среднекислого состава встречаются эпидот-хлорит-карбонатные иногда с обильным соссюритом метасоматиты, в породах кислого состава — кварц-хлорит-серицит-карбонатные. В жильных телах карбонатных толщ больше метасоматических карбонатов, а во вмещающих породах отмечается околожильная перекристаллизация карбонатных минералов. Все жильные образования «альпийского типа» интенсивно катаклазированы. Нередко в них развит кливаж, коррелирующийся с кливажем складчатых деформаций вмещающих пород. Вне мест наложения на указанные жильные образования герцинских гидротермальных процессов они не золотоносны или содержат десятые и сотые доли грамма на 1 т Au. Для них характерна убогая сульфидная минерализация, представленная в основном пиритом иногда с небольшим количеством арсенопирита и единичными зернами галенита, сфалерита и халькопирита.

Догерцинский возраст рассматриваемых образований обоснован их ороговикованием в контактовых ореолах герцинских интрузий [12], наличием фрагментов жил «альпийского типа» в глыбовых тектонических брекчиях зон герцинских надвигов на п-ове Таймыр, кварцевой гальки в верхнепротерозойских и более молодых конгломератах, а также «приспособленностью» морфологии жильных тел к докембрийским структурам и деформациям.

Гидротермальный комплекс герцинского этапа отличается широким развитием дорудных околожильных метасоматитов березит-лиственитового ряда, более богатой и разнообразной рудной минерализацией при умеренном проявлении карбонатно-кварцевых жил. Менее распространены среди метасоматитов грейзены и существенно альбитовые высокотемпературные изменения. На значительных площадях (от сотен квадратных метров до десятков квадратных километров) развиты кварц-карбонат-хлоритовые часто с обильным сфеном турмалинсодержащие и кварц-калишпатовые метасоматиты.

Наложение герцинских гидротермалитов на докембрийские образования отчетливо наблюдается на пересечениях их дискордантных линейных зон. Так, на о. Большевик обнажения и развалы белого преимущественно докембрийского кварца среди темно-серых сланцев пересекаются широкими зонами бурых пород, обогащенных гидроксидами железа, возникшими за счет железистых карбонатов и сульфидов герцинских метасоматитов и жильных образований. При минералогическом картировании

подобные соотношения зафиксированы в бассейнах рек Студеная, Лагерная, Скалистая, Голышева, Литке юго-восточного побережья острова.

Докембрийские жилы и околожильные метасоматиты в истоках р. Студеная несут следы ороговикования, описанные В.Г.Кузьминым (1984 г.). Гидротермалиты позднего комплекса на той же площади, а также в междуречье Лагерная и Нора наложены на роговики позднепалеозойских гранитоидных интрузий. Подобное наложение поздних гидротермалитов на породы, метаморфизованные герцинскими гранитоидными интрузиями, в разных частях п-ова Таймыр отмечалось С.А.Гулиным и др., 1986; Б.С.Васильевым и др., 1991; В.И.Фокиным и др., 1988; Н.К.Шануренко, 1991 и др. Более того, золотое оруденение часто наложено на постгранитные дайки. В нижнем течении р. Нижнеозерная (верхнем правом притоке р. Студеная), а также в других местах ее бассейна березит-лиственитовые интенсивно сульфидизированные метасоматиты с сульфидно-кварцевыми прожилками (со слабокатаклазированным кварцем и железистым карбонатом) замещают дайки диоритовых и диабазовых порфиритов. Обе реки находятся в поле развития докембрийских образований и содержат россыпи золота, в том числе и крупнейшую в провинции по р. Студеная. На р. Нижнеозерная подобные дайки встречаются вместе с дайками риолитов в ореоле ороговикования герцинской гранитоидной интрузии и не несут следов контактового метаморфизма. Таким образом, данная минерализация имеет более молодой возраст, чем гранитоиды и дайки.

Аналогичные взаимоотношения метасоматитов с дайками среднего-основного состава имеют место в пределах крупного Кристефенсенского сводового поднятия, выделенного при ГСР-50 О.П.Кривошеевым на севере п-ова Таймыр. По традиции этим дайкам, также расположенным в поле докембрийских образований, пока приписывается докембрийский возраст. Однако их явная связь с концентрическими разломами поднятия (локализация в разломах, конформное расположение в них и т.п.), зафиксированная при крупномасштабной съемке, дает серьезные основания для пересмотра возраста даек в сторону омоложения, поскольку появление поднятия, по мнению съемщиков, сопряжено с внедрением крупной Кристефенсенской герцинской гранитоидной интрузии. С этим увязывается обнаружение в контактовой зоне интрузии рудопроявлений с минерализацией, наложенной

на роговики, и содержаниями Au 10-л г/т.

Герцинский возраст продуктивного золотого оруденения провинции подчеркивается и его взаимоотношениями с наиболее молодыми субщелочными и щелочными магматическими образованиями ТСЗЗП, представленными дайками и штоками гранит-порфиров, кварцевых сиенитов, сиенит-порфиров, диорит-сиенитов, амфиболовых и слюдяных лампрофиров. Некоторые исследователи объединяют эти образования в единый магматический комплекс предположительно мезозойского (раннемезозойского) возраста, другие выделяют в их составе и более древнюю диасхистовую серию герцинских гранитоидов (лампрофиров) [3]. В любом случае они проявились на завершающем этапе магматической деятельности в совмещенных частях ареалов двух мощнейших магматических процессов. Один из них, развивавшийся в северном складчатом обрамлении Сибирской платформы (Горный Таймыр–Северная Земля) со среднего карбона во время герцинской ТМА, характеризовался большой дифференциацией состава магматических проявлений и формированием многочисленных, в том числе и крупных, гранитоидных интрузий. Другой — трапповый магматизм Сибирской платформы, начавшийся в перми, распространялся в пределы провинции преимущественно в дайковой форме и затухал по мере удаления от края платформы. Совмещение их ареалов в конце перми–триасе совпадает с основным проявлением золотоносности в провинции. Субщелочные и щелочные мелкие поздние интрузии развиты в области совмещения ареалов траппового и активизационного магматизма как в северной части провинции, сложенной преимущественно докембрийскими породами, так и в южной, представленной в основном палеозойскими отложениями.

Участки локализации этих интрузий и особенно их концентраций сопровождаются повышенной золотоносностью, от собственно золотой (точки минерализации в бассейне р. Студеная на о. Большевик, Шренковское рудопроявление на п-ове Таймыр и другие в поле развития докембрийских пород) до золото-мышьяковой и золото-ртутно-сурьмяной (рудопроявление Извилистое, объекты в бассейне р. Убойная и другие на п-ове Таймыр в поле развития палеозойских отложений).

Важные данные для обоснования герцинского возраста продуктивной золотой минерализации были получены в 1999–2000 гг. при минералогическом картировании золотоносной площади бас-

сейнов рек Левая Ледниковая и Студеная. Здесь была установлена герцинская золотая минерализация, представленная производными единого рудообразующего процесса, формировавшимися в последовательности: кварц-калишпатовые метасоматиты → кварц-карбонат-сфен-хлоритовые турмалинсодержащие метасоматиты → метасоматиты березит-лиственитового ряда → комплекс сульфидно-кварцевых и кварц-сульфидных вкрапленных и прожилково-вкрапленных образований. Гидротермалиты локализованы в верхнепротерозойских терригенных породах и нередко наложены на жилы «альпийского типа». Ими затронута субсогласная дайка инъекционной магматической брекчии керсантитов (рис. 2) мощностью 7 м, протяженностью более 50 м, залегающая в вендских терригенных отложениях. Брекчия на 40% состоит из остроугольных ксенолитов, достигающих 15–18 см в поперечнике, сцементированных керсантитом. Большинство обломков (до 70%) — это плохо диагностируемые порфириды, почти нацело замещенные эпидот-альбит-соссюрит-хлорит-карбонатными новообразованиями. Среди порфиридных ксенолитов по реликтам первичных минералов иногда угадываются ксенолиты, сложенные керсантитом. Менее распространены обломки розовых кварц-калишпатовых метасоматитов (20%) и еще меньше вмещающих орогованных алевролитов.

Дайка контактирует с одной из золотоносных жильных зон, распространенных в данном районе. При этом она прорывает типичные докембрийские кварцево-жильные образования «альпийского типа», представленные хлорит-кальцит-кварцевым агрегатом (главная по объему часть зоны), и содержит крупные ксенолиты последнего. В то же время, фиксируется наложение более поздних ассоциаций — метасоматитов березит-лиственитового ряда и анкерит-кварцевых с пиритом прожилков на вмещающие алевролиты и дайку с проявлением березитизации по алевролитам и лиственитизации по дайке. Таким образом, дайка внедрилась позднее докембрийских жильных образований и является внутриминерализационной относительно герцинских гидротермалитов, поскольку внедрилась позже кварц-калишпатовых метасоматитов и ранее других производных герцинского гидротермального процесса.

На герцинский возраст продуктивной золотой минерализации указывают и накопленные к настоящему времени данные абсолютного возраста руд десяти золоторудных проявлений из разных частей ТСЗЗП, лежащие в пределах зна-

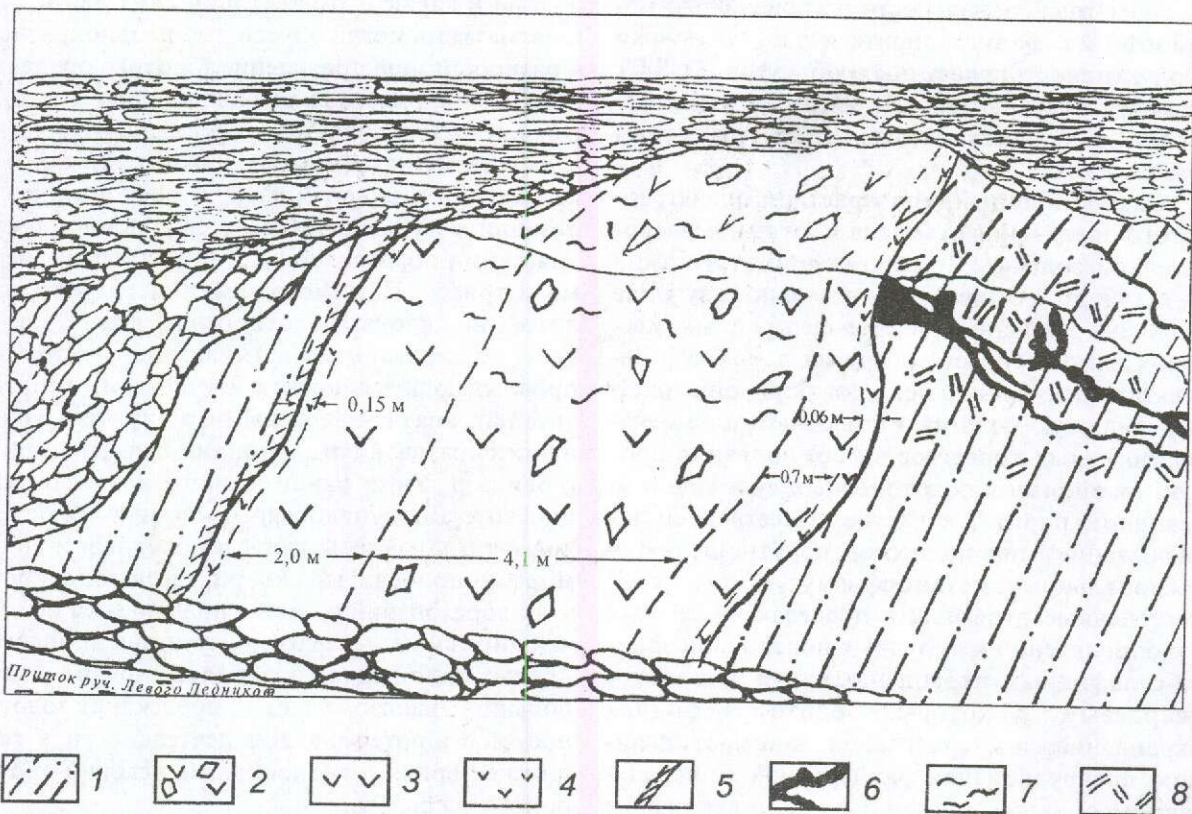


Рис. 2. Взаимоотношения дайки эруптивной брекчи керсантитов с золотоносными гидротермалитами в верховьях р. Левая Ледниковая (бассейн р. Студеная на о. Большевик), зарисовка по фотографии.

1 — верхнепротерозойские терригенные отложения; 2 — центральная часть дайки эруптивной брекчи керсантитов с обломками докембрийского сильно катаклазированного кварца и герцинских розовых кварц-калципатовых метасоматитов среди ксенолитов; 3 — периферические зоны дайки почти без ксенолитов; 4 — зоны заделки дайки; 5 — зона ороговикования в контакте дайки; 6 — докембрийская жильная зона сильно катаклазированного кварца с наложенными местами гнездами кварц-калципатовых герцинских метасоматитов; 7 — листовитовые изменения, наложенные на породы дайки; 8 — березитовые преобразования вмещающих дайку пород с более поздними кварц-анкеритовыми прожилками и сульфидной вкрапленностью герцинского возраста

чений 200–300 млн. лет (Б.С.Васильев и др., 1991). Помимо собственно золотых, среди них имеются золото-редкометалльные объекты, расположенные в экзоконтакте герцинской гранитоидной интрузии (Мордвиновское), и золотые с повышенным содержанием редких металлов, локализованные у внешнего края экзоконтактной зоны интрузий (залив Вальтера, бассейн рек Оленья–Конечная и др.). Эти данные коррелируются с давно подмеченной региональной зональностью в размещении золотого, золото-редкометалльного и золото-медно-полиметаллического оруденения и сопровождающих их метасоматитов относительно герцинских гранитоидных интрузий (Б.С.Васильев, С.А.Гулин, В.И.Фокин, Н.К.Шануренко и др., фондовые работы 90-х годов).

Наиболее спорно возрастное положение проявлений золото-сульфидных вкрапленных (обычно пиритовых) руд, в которых слабо выражены золото-кварцевая составляющая и метасоматиты. Многие объекты с такими рудами находятся на удалении от герцинских магматических тел и их роговиков. Поэтому именно их пытаются связать с байкальской металлогенией сторонники докембрийского возраста промышленной золотой минерализации, используя для этого известные теоретические разработки В.А.Буряка и его последователей, развивших представления Р.В.Нифонтова, В.К.Чайковского и Ю.П.Ивенсена о гидротермально-метаморфогенном генезисе золоторудных образований Ленского золотоносного района. Привлекаются и косвенные фактические данные (о строении и составе вмещающих пород).

шающих толщ, зональности регионального метаморфизма, формах пирита и т.п.). Основная продуктивность указанных объектов ТСЗЗП увязывается с протерозой-вендским метаморфизмом и сопряженной с ним гидротермальной деятельностью.

Слабость подобной возрастной оценки золотого оруденения отмечена многими исследователями золотых месторождений этого типа [4-7, 14 и др.]. Опираясь на детальное изучение геологии эталонных золото-сульфидных месторождений Ленского и других районов и результаты изотопных исследований, они показали ведущую роль магматогенных, а не метаморфогенных процессов в формировании продуктивной массы золотоносных сульфидов (в основном пирита) и частое существенное запаздывание этих процессов по отношению к региональному метаморфизму. Кроме того, постепенные переходы в пределах отдельных рудопроявлений или рудных полей и зон золото-сульфидных вкрапленных руд к золото-кварцевым, в которых золото-сульфидная вкрапленная минерализация занимает позицию предрудной или раннерудной минеральной ассоциации в герцинском минеральном комплексе, свидетельствуют о принадлежности объектов к этапу герцинской активизации. В отдельных случаях аналогичные зоны сульфидной минерализации накладываются на роговики экзоконтактовой зоны герцинских гранитоидов и рвущие их дайки. Зоны сульфидизации с содержаниями Au до 10 г/т установлены в ореоле контактового метаморфизма Кристенсенской герцинской гранитоидной интрузии. Однако слабая изученность таких участков и отсутствие сравнительного анализа с золотоносными зонами рассматриваемого типа пока заставляют воздерживаться от соответствующих аналогий.

Верхний возрастной предел проявления золотого оруденения ТСЗЗП определяется присутствием детритного золота в отложениях ахматовской толщи позднекаменноугольного-раннепермского возраста на о. Большевик (В.Н.Седов и др., 1989) и широким распространением раннеюрских россыпей и россыпепроявлений. Изучение типоморфизма россыпного золота и сопоставление его с золотом из известных рудопроявлений показало, что с конца палеозоя и особенно начала мезозоя происходило массовое вскрытие эрозионными процессами золоторудных объектов.

Длительный период герцинской ТМА со сложными и меняющимися в ходе ее интенсив-

ностью и характером тектонических движений и магматизма могли обусловить неоднократное и разнообразное проявление золотого оруденения с конца палеозоя до начала юры. Об этом говорят факты присутствия россыпного золота в верхнекаменноугольных-нижнепермских отложениях и взаимоотношения золотой минерализации с субщелочными-щелочными магматическими образованиями, относимыми к перми и триасу. Помимо описанных гидротермалитов, на склонах золотоносных долин встречены обширные поля аргиллизации, часто сопровождающиеся зонами и участками гематитизации, апатит-кварцевыми с пиритом жильными образованиями и зонами сульфидизации (долина р. Унга, район южного контакта герцинского Лодочниковского массива гранитоидов и т.п.), найдены халцедоновидный и колломорфно-полосчатый кварц. Золотоносность этих образований остается практически не изученной, тем не менее их присутствие на золотоносных площадях позволяет предполагать большой диапазон условий протекания золотоносной гидротермальной деятельности в герцинское время и разнообразие условий эрозионного вскрытия.

В настоящее время на слабоизученной территории ТСЗЗП ведутся госгеолсъемка м-ба 1:200 000, нацеленная на поиски золота, и ряд более детальных работ. В связи с вышеизложенным большую роль в решении поставленной задачи должны играть поисковые критерии, связанные с особенностями строения провинции, сформировавшимися на этапе герцинской ТМА. Однако до сих пор вопросы выделения и расшифровки герцинских структур, их формирования в увязке с развитием герцинского магматизма, выяснения особенностей размещения в этих структурах производных магматической и гидротермальной деятельности, позиции в них золотоносных образований наиболее слабо разработаны и им не уделяется должного внимания. Особенно это касается территорий, сложенных в основном докембрийскими образованиями, с которыми связан главный выявленный к настоящему времени сырьевой золотой потенциал.

Для существенного повышения эффективности поисковых работ на рудное золото, учитывая слабую изученность структур герцинской ТМА, при поисках золотого оруденения в провинции необходимо обратить особое внимание на выделение и расшифровку этих структур и их комбинаций с докембрийскими, а также на размещение в них магматических, метасоматических и золоторудных образований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беззубцев В.В., Залялеев Р.Ш., Сокович А.Б. Геологическая карта Горного Таймыра м-ба 1:500 000. – Красноярск: Изд. ПГО «Красноярскгеология, ГСЭ», 1986.
2. Верниковский В.А. Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 1996.
3. Геологическое строение и тектоническое развитие Северо-Восточного Таймыра / А.И.Забияка, И.Д.Забияка, В.А.Верниковский и др. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 1986.
4. Изотопный состав серы из зоны золотоносной сульфидной вкрапленности / Н.М.Заири, С.Д.Шер, В.П.Стрижов и др. // Советская геология. 1977. № 1. С. 90–99.
5. Изотопный состав углерода и кремния черносланцевых пород и зон рудной минерализации / Н.М.Заири, В.М.Яновский, В.А.Стрижов и др. // Тр. ЦНИГРИ. 1980. Вып. 150. С. 81–87.
6. Кондратенко А.К. Магматические комплексы центральной части Ленской провинции и их металлогеническая специализация. – М.: Недра, 1977.
7. Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999.
8. Петровская Н.В. О некоторых случаях совмещения разнотипных эндогенных минеральных образований // Зап. ВМО. 1956. Вып. 485. № 3.
9. Петровская Н.В. Золотоносные минеральные ассоциации и формации золотых руд СССР // Генетические проблемы руд: МГК. Докл. советских геологов. Проблема 16. М., 1960. С. 145–157.
10. Погребницкий Ю.А. Палеотектонический анализ Таймырской складчатой системы. – Л.: Недра, 1971.
11. Погребницкий Ю.А. Развитие разрывных нарушений в геодинамической обстановке Северного Ледовитого океана // Тектоника Арктики. Разломы материковой отмели и океана. Л., 1979.
12. Северная Земля. Геологическое строение и минералогия / В.Г.Кузьмин, В.В.Авдюничев, А.В.Гавриш и др. – С.-Пб.: ВНИИОкеангеология, 2000.
13. Сердюк С.С., Гончаров М.М., Ояберь В.К. Основные типы и перспективная оценка золотоносных формаций Таймыро-Североземельского региона // Недра Таймыра. Норильск, 1997. Вып. 2.
14. Шер С.Д., Кондратенко А.К. Интрузивные породы // Ленский золотоносный район. М., 1971. Вып. 85 (Тр. ЦНИГРИ. Т. 1).

УДК 553.81:552.3 (571.56)

© Коллектив авторов, 2003

АЛМАЗЫ В ЭФФУЗИВНЫХ КОМАТИТАХ ОЛОНДИНСКОГО ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА

В.Г.Гадиятов, В.К.Маршинцев, Ю.Г.Тыллар, В.И.Павлов (Национальный научно-исследовательский центр алмазов, драгоценных камней и самородного золота Республики Саха (Якутия))

В пробе из коматиитов эффузивной серии Олондинского зеленокаменного пояса обнаружены алмазы некимберлитового генезиса. Их поиски базируются на выделении коматиитовых комплексов, послойном опробовании разрезов штупными пробами с оперативным просмотром шлихов из обогащенных протолок.

В конце 80-х – начале 90-х годов прошлого столетия читинскими геологами в юго-западной части Алданского щита в коренных источниках, элювиально-делювиальных и аллювиальных отложениях было найдено более 80 зерен алмаза размером до 1,4 мм [3]. Выделены перспективные площади, но алмазоносные тела не обнаружены. Несмотря на важность проблемы, из-за отсутствия финансирования работы были остановлены.

По заключениям изучавших алмазы специалистов, часть найденных кристаллов обнаруживает сходство с алмазами севера Восточно-Евро-

пейской платформы, часть — с алмазами из якутских месторождений. Из материалов следует, что есть вероятность связи алмазов с эколгит-базитовыми образованиями и кимберлитами. В то же время, наличие алмазов с характерными габитусными формами, цветами фотолюминесценции и признаками коррозионного растворения свидетельствует о их первоисточниках в этом районе. Среди вероятных источников алмазов могут рассматриваться лампроиты (кимберлиты), кимберлитоподобные породы и образования не выясненного состава.

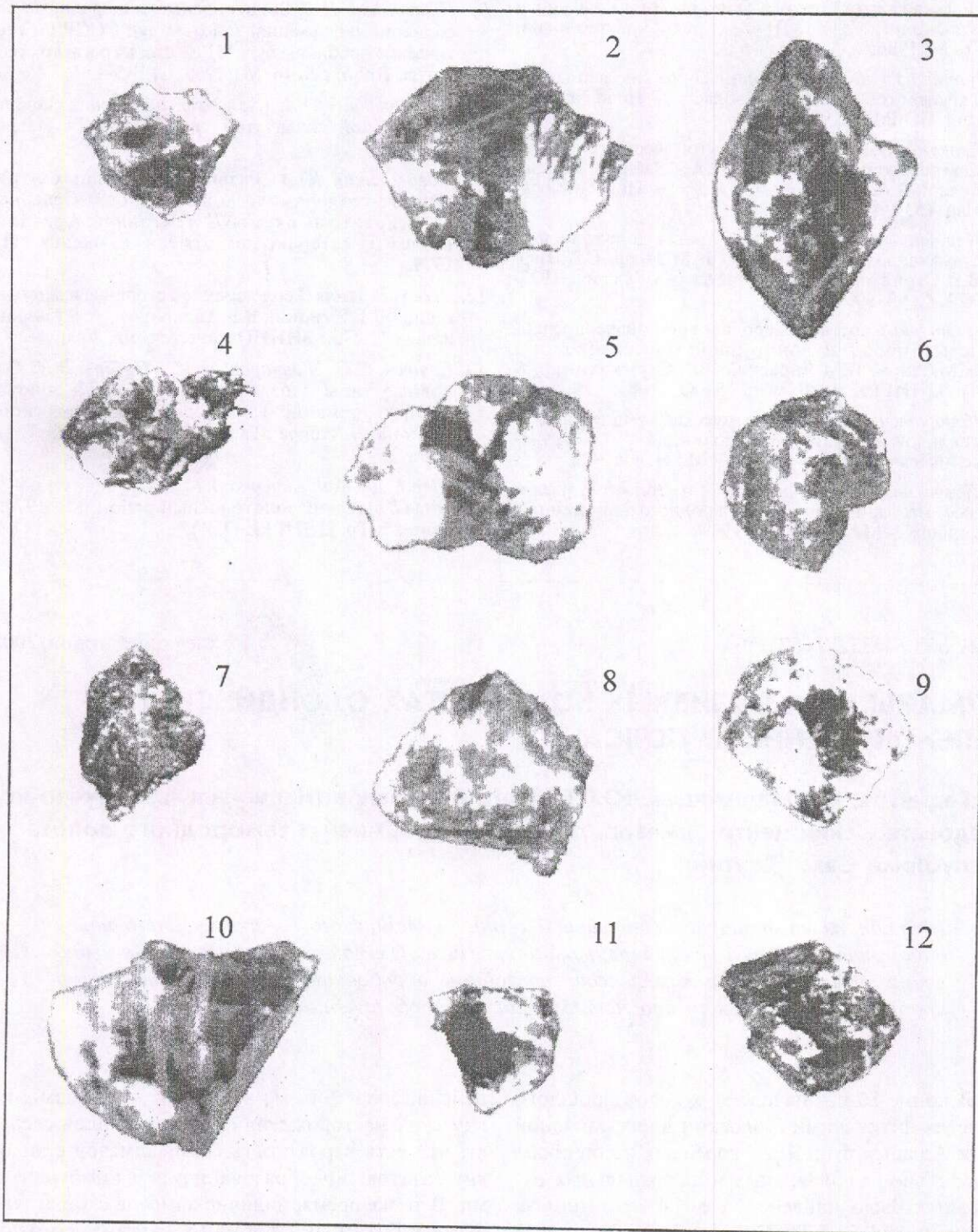


Рис. 1. Коллекция мелких алмазов из коматитов эффузивной серии (обр. 18/4)

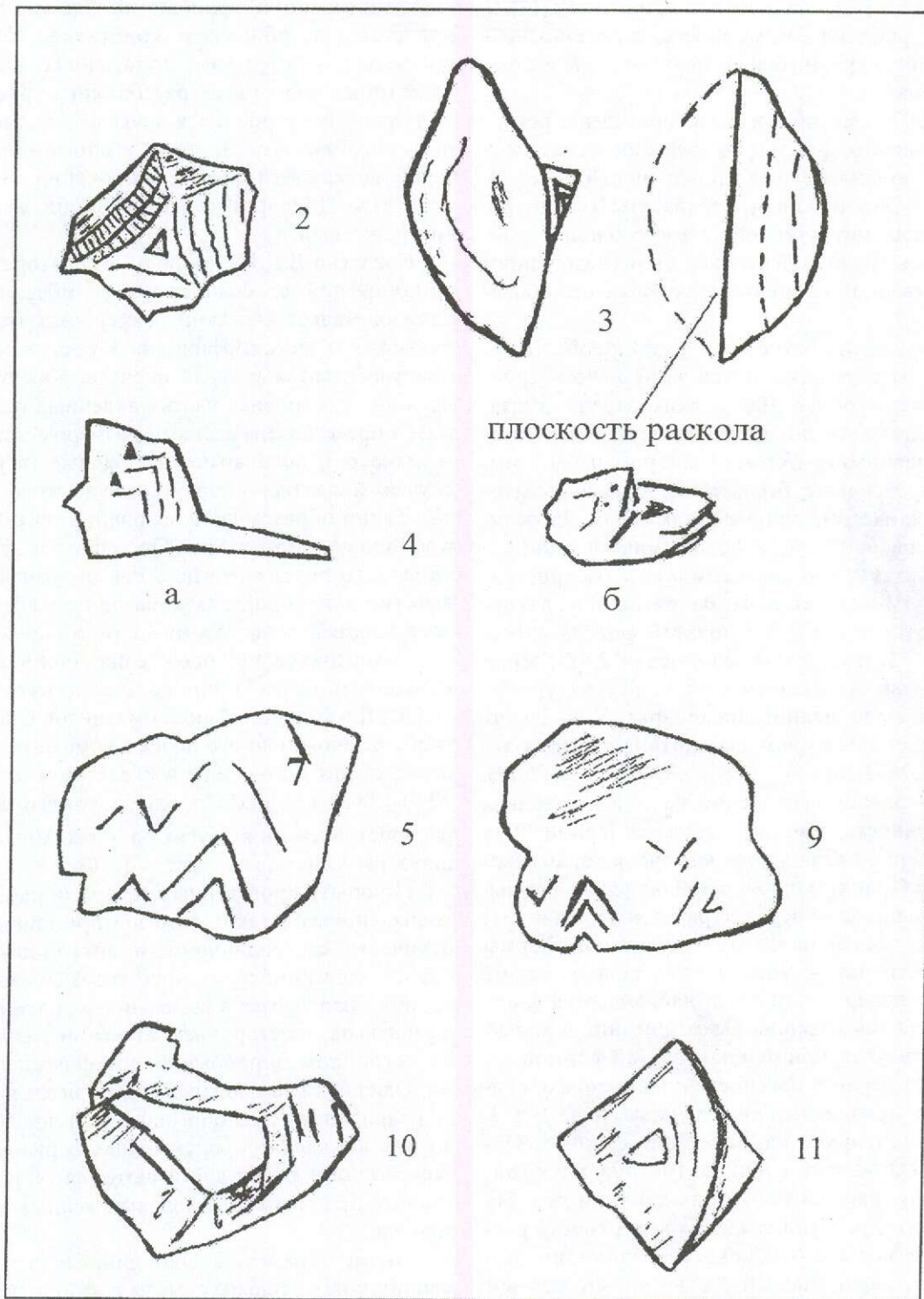


Рис. 2. Некоторые детали морфологии алмазов из обр. 18/4

В настоящее время алмазы открыты в различных докембрийских образованиях многих щитов мира [12], в том числе в коматиитах [13]. В России проблема докембрийской алмазности возникла сравнительно недавно [6, 7] и пока не решена.

В 2002 г. авторами были проведены рекогносцировочные работы по изучению алмазности Олондинского зеленокаменного пояса [4, 5, 10, 11]. Опробованы ультрабазиты и среди них коматииты интрузивной и эффузивной серий. Все пробы были подготовлены к исследованиям по собственной технологии, включающей обогащение.

В результате изучения в одной пробе, отобранной из тела коматиитов эффузивной серии, обнаружено более 100 мелких зерен алмаза. Практически все они представляют собой обломки неправильной формы размером 0,3–0,5 мм. Зерна прозрачные, бесцветные, иногда с желтоватым нацветом, сильным алмазным блеском. Преобладающие цвета фотолюминесценции синий и желтовато-оранжевый, менее распространены ярко-желтый и фиолетовый, иногда наблюдаются зерна с зеленоватой фотолюминесценцией. Показатель преломления 2,417, зерна изотропны. По данным рентгено-структурного анализа, выполненного на аппарате УРС-2.0 для двух зерен, диффузионная картина отвечает алмазу: 2,26–2,28(4,5), 1,386–1,390(2) и 1,172(2). При 56-кратном увеличении часто видна тонкая вкрапленность темного вещества (графит?), в одном зерне наблюдается включение оранжевого цвета (гранат?) правильной округлой формы. Для большинства зерен характерны фрагменты плоских граней октаэдра треугольной формы или пластинчато-ступенчатого строения. Кроме того, на поверхности зерен наблюдаются фигуры травления и сколы выкрашивания с характерной треугольной или раковистой формой.

Часть зерен с перечисленными морфологическими признаками показана на рис. 1 и 2. Прокомментируем наиболее характерные. Зерно-3 представляет собой дитригональную дипирамиду, расколотую вдоль длинной оси. На рис. 1 этот кристалл лежит на поверхности раскола. Размеры его 0,3×0,5 мм, кристалл бесцветный, очень чистый с отчетливым желтым нацветом, блеск алмазный, люминесцирует ярким лимонно-желтым цветом. С правой стороны виден фрагмент грани кристалла-сростка треугольной формы с отчетливыми линиями роста. Зерно-2 представляет собой обломок

кристалла. На срезе слоев отчетливо видна тонкая поперечная штриховка (см. рис. 2); цвет фотолюминесценции ярко-синий. Зерно-4 также представлено обломком кристалла. Хорошо просматривается в двух положениях, в одном из которых видны два треугольника травления и ступенчатое строение, в другом — слоистость на тонком выступе. В левой утолщенной части зерна содержатся тонкие включения темного вещества. Цвет фотолюминесценции желтовато-оранжевый.

Согласно Е.Д.Надеждиной с соавторами [9], типоморфной особенностью некимберлитовых алмазов является мелкий размер. Алмазам импактного и метаморфического происхождения присущи желтая и серая окраска. Как отмечалось выше, основная часть найденных нами алмазов представлена зернами размером менее 0,5 мм, все они абсолютно прозрачные (в редких случаях характерно присутствие желтого нацвета). Таким образом, есть основания считать, что в эффузивных коматиитах Олондинского зеленокаменного пояса впервые в России выявлен новый тип докембрийских алмазов некимберлитового генезиса, сопоставимый с типом алмазности коматиитов месторождения Дачин зеленокаменного пояса Инини во Французской Гвиане [2]. При сопоставлении коматиитов Олондинского зеленокаменного пояса с коматиитами месторождения Дачин обнаруживается сходство по Al_2O_3 , SiO_2 и MgO . Породы похожего состава распространены и в других районах Алданского щита, где алмазы не известны [1, 8].

По опыту проведенных авторами работ, методика поисков таких алмазов принципиально отличается от традиционно принятой для поисков алмазов кимберлитового типа. Прежде всего, она заключается в выделении коматиитовых комплексов, всестороннем изучении разрезов и их послойном опробовании штучными пробами. Одна из самых важных стадий исследований — правильная схема обогащения. В полевых условиях выявление продуктивных горизонтов и экспрессность работ достигаются за счет оперативного просмотра шлихов, выделенных из протолочек.

Таким образом, в Олондинском зеленокаменном поясе найдены алмазы в эффузивных коматиитах докембрийского возраста. Подобные образования известны также в других районах Алданского щита. При производстве дальнейших работ следует разработать совершенную методику поисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гадиятов В.Г.* Геохимические методы поисков золотого оруденения в докембрийских толщах запада Алданского щита: Автореф. дис... канд. геол.-минер наук. – Иркутск, 1992.
2. *Гадиятов В.Г., Тыллар Ю.Г.* Типизация и алмазность коматитов Олондинского зеленокаменного пояса (Восточная Сибирь) и коматитов месторождения Дачин зеленокаменного пояса Инини (Французская Гвиана) // Мат-лы VI международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». М., 2003.
3. *Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья* / Г.А.Юргенсон, В.С.Чечеткин, В.М.Асосков и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999.
4. *Геология Якутской АССР*. – М.: Недра, 1981.
5. *Другова Г.М., Пухтель И.С., Шустова Л.Е., Бережная Н.Г.* Олондинский зеленокаменный пояс (Алданский щит) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1988. № 8. С. 40–56.
6. *Метелкина М.П., Прокопчук Б.И., Суходольская О.В., Францессон Е.В.* Геологические предпосылки алмазности докембрийских терригенных формаций Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1975. № 12. С. 82–89.
7. *Метелкина М.П., Прокопчук Б.И., Суходольская О.В., Францессон Е.В.* Докембрийские алмазоносные формации мира. – М.: Недра, 1976.
8. *Московченко Н.И., Красников Н.Н., Семенов А.П.* Эндеогенная эволюция структурно-вещественных комплексов зоны сочленения алданид и становид // *Метаморфизм докембрия района Байкало-Амурской магистрали*. Л., 1983. С. 97–127.
9. *Надеждина Е.Д., Шалашилина Т.Ю., Баевская Г.М.* Типоморфизм некимберлитовых алмазов // *Минералогический журнал*. 1993. № 1. С. 9–19.
10. *Олондинский зеленокаменный пояс* / Н.В.Попов, А.П.Смелов и др. – Якутск, ЯНЦ СО АН СССР, 1990.
11. *Структурно-метаморфическое развитие олондинского комплекса (Восточная Сибирь)* / Г.М.Другова, А.Л.Харитонов, С.А.Бушмин и др. // *Метаморфизм докембрия района Байкало-Амурской магистрали*. Л., 1983. С. 49–65.
12. *De Wit M.J., Ashwal L.D.* Greenstone Belts. Oxford, Clarendon Press, 809 (1997).
13. *Diamonds in volcanoclastic komatiite from French Guiana* / Ramon Capdevila, Nicholas Arndt et al. // *Nature*. 1999. Vol. 399. № 3. P. 456–458.

УДК 551.71:549.283 (470.21)

© Л.В.Вороняева, 2003

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ПОЗДНЕАРХЕЙСКОЙ УСТОЯРВИНСКОЙ ГРАНИТ-ЗЕЛЕНОКАМЕННОЙ ЗОНЫ, СЕВЕРО-ЗАПАД КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Л.В.Вороняева (ОАО «Центрально-Кольская экспедиция»)

Откартирован блок зеленокаменных пород позднего архея, в пределах которого проявлены структуры трех генераций: ранние складчатые, купольные, связанные с плутонообразованием лопийского времени, и шовные — с зонами катаклазитов и милонитов вдоль контактов супракрустальных пород и гранитоидов. Разрез сопоставлен с отложениями зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья. По строению и вещественному составу выделены коррелируемые толщи, подтолки и пачки пород. Приведены данные по золотоносности двух участков. Повышенные содержания Au связаны с гидротермально измененными амфиболитами, гнейсами, гранитоидами или тектонитами по ним.

С зеленокаменными поясами архея связаны крупнейшие месторождения золота, дающие около 70% мировой добычи, поэтому особенностям их геологического строения и размещения в них золотого оруденения посвящены сотни работ [12]. В Карело-Кольском регионе зеленока-

менные пояса позднего архея развиты довольно широко, но в основном они расположены в Карельской гранит-зеленокаменной области [1, 9]. На Кольском полуострове детально описан лишь один зеленокаменный пояс позднего архея — Колмозеро-Воронья, в котором в последние

годы обнаружено несколько перспективных золоторудных проявлений [4]. Поиск его аналогов среди гнейсов архея кольского комплекса на северо-западном продолжении привел к выделению Урагубского фрагмента зеленокаменной структуры, коррелируемой с частью разреза пояса Колмозеро-Воронья [2, 6].

Детальные поисково-съёмочные работы на северо-западе Кольского полуострова в значительном удалении от Урагубского блока архейских зеленокаменных пород позволили выявить еще один блок зеленокаменных пород позднего архея — Устоярвинский. Он прослеживается на 25 км между губами Печенга и Титовка; на севере, в районе перешейка п-ова Средний, граничит с породами позднего рифея, а с юго-запада отделен от Центрально-Кольского блока Титовско-Урагубской шовной зоной (рис. 1). Ранее на этой территории картировались только нерасчлененные гранито-гнейсы и амфиболиты кольской серии и баренцевоморского комплекса, которые относились к переработанному и омоложенному комплексу раннего архея [5]. Далее обсуждаются результаты детальных поисково-съёмочных работ Центрально-Кольской экспедиции.

Устоярвинская гранит-зеленокаменная зона и ее обрамление относятся к западному фрагменту Мурманской структурно-тектонической зоны (СТЗ), испытавшей в позднем архее тектономагматическую активизацию, сопровождавшуюся региональной гранитизацией, мигматизацией, куполообразованием. Возраст гранитизации в центральной части Мурманской СТЗ составляет 2,8–2,7 млрд. лет [11].

Мурманская СТЗ сложена архейскими комплексами тоналитов, плагиогранитов, гранодиоритов, характеризующимися слабой гетерогенностью вещества, вследствие чего затруднено их картирование. Однако все исследователи отмечают широкое развитие реликтов сложнодислоцированных пластовых тел, пачек изоклиналиных складок, останцов и скиалитов основных пород и их эндрбитизированных и гранитизированных разновидностей. Чаще всего они не имеют четких границ, а как бы «плавают» среди мигматитов. Ранее они объединялись в баренцевоморский метаморфический комплекс [8]. Генезис этих образований спорный и требует дополнительного изучения.

Титовско-Урагубская шовная зона между Мурманской и Центрально-Кольской СТЗ ориентирована в северо-западном направлении по азимуту 300–310°. За пределами исследуемой площади она протягивается на юго-восток более

чем на 250 км. В зоне отмечаются реликтовые участки позднелопийского зеленокаменного пояса, к наиболее крупным из которых относится структура Колмозеро-Воронья. Фрагменты локальных зеленокаменных структур с редуцированным типом разреза известны также в районе Ура-губы [2, 6, 8], закартированы в Устоярвинском блоке.

На изученной площади Титовско-Урагубская шовная зона представлена системой субпараллельных разломов северо-западного простирания, ограничивающих лопийскую зеленокаменную структуру — Устоярвинскую. Последняя имеет сложную, но в целом отчетливо выраженную поясовую конфигурацию и непрерывно прослеживается в северо-западном направлении (аз. 300–310°) от р. Титовка до губы Амбарная на 25 км при ширине 0,25–2 км. Супракристалльные образования структуры сложены титовско-баренцевоморской толщей, в разрезе которой преобладают амфиболиты, широко развиты биотитовые, гранат-биотитовые, амфибол-биотитовые плагиогнейсы, в подчиненном количестве встречаются магнетитовые кварциты, метаультрабазиты. Внутреннее строение шовной зоны контролируется протяженными сдвиговыми нарушениями. Горизонтальные дислокации подчеркиваются мощными зонами катаклазитов, милонитов, особенно вдоль тектонизированных контактов гранитоидов и амфиболитов.

Длительность развития и региональный характер системы продольных нарушений Титовско-Урагубской зоны подчеркиваются субсогласным простиранием ее элементов с простиранием гнейсов Центрально-Кольской СТЗ. Именно с длительным развитием этой тектонической зоны и связана наложенная сланцеватость пород главного пояса — они имеют такое же северо-восточное падение, как и нарушения, почти моноклиналиное. Однако на некоторых участках наблюдаются узкие сжатые складки, крутопадающие шарниры которых параллельны главному тектоническому шву.

В районе оз. Устоярви в результате значительных вертикальных движений в шовной зоне на современный уровень выдвинут блок пород титовско-баренцевоморской толщи, зажатый между двумя продольными тектоническими зонами. В нем отмечена автономная от окружающих его амфиболитов и гранитов изоклиналиная складчатость, по-видимому, раннего этапа деформации (рис. 2).

Северная граница Устоярвинской зоны с Мурманской СТЗ — тектоническая, южная — с

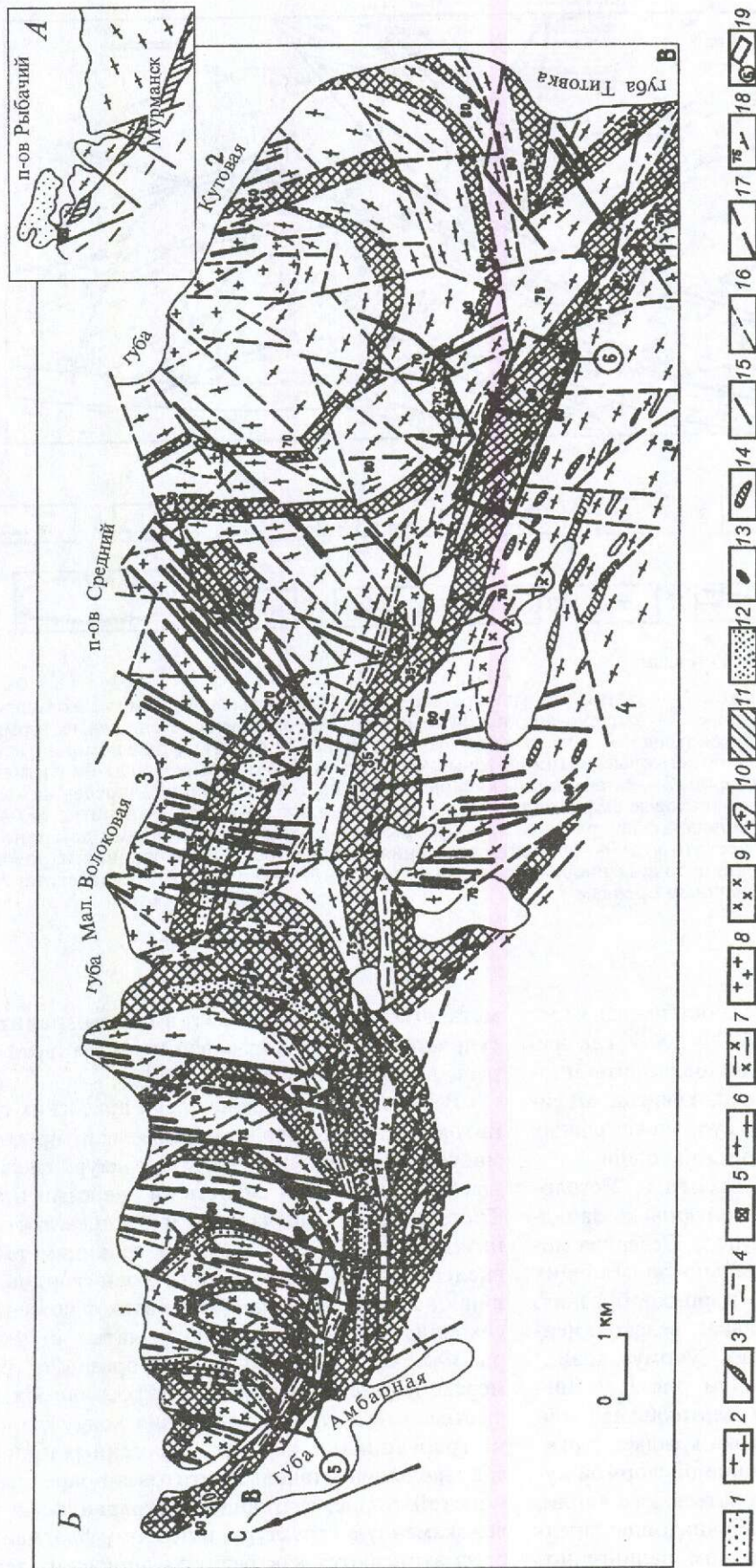


Рис. 1. Схемы размещения Устюяринского блока (А) и геологического строения Устюяринской гранит-зеленокаменной зоны (Б):

1 — рифейские песчаники; 2 — гнейсо-граниты Мурманского блока; 3 — фрагменты лопийских зеленокаменных поясов; 4 — гнейсовый комплекс Центрально-Кольского блока; 5 — Устюяринский блок; палингено-метасоматические гранитоиды купольных структур с преобладанием: 6 — плагиогранитов, 7 — гранодиоритов; интрузивно-анатектические гранитоиды с преобладанием: 8 — микролин-плагиоклазовых гранитов, 9 — кварцевых диоритов и гранодиоритов; 10 — небольшие интрузии лейкократовых турмалин-мусковитовых плагиогранитов; зеленокаменная толща (титовско-баренцеевморская); 11 — переслаивание мелтавулканитов, 12 — метапесчаников, 13 — подчиненные горизонты и линзы железистых кварцитов, тела коматитов; 14 — тела амфиболитов неясного генезиса; 15 — дайки метадолеритов, оливковых долеритов, гранофировых габбро-диоритов; 16 — геологических границ; 17 — разрывные нарушения; 18 — элементы залегания сланцеватости, гнейсовидности и геологических границ; 19 — участки с золоторудными проявлениями (цифры в кружках: 5 — Амбарнинский, 6 — Устюярин); главные структуры Устюяринской зоны: купола — Западный (1), Восточный (2), Северная моноклираль (3), Суормусъярвинская куполовидная структура (4); В-В — Титовско-Урагубская шовная зона и главная зеленокаменная структура

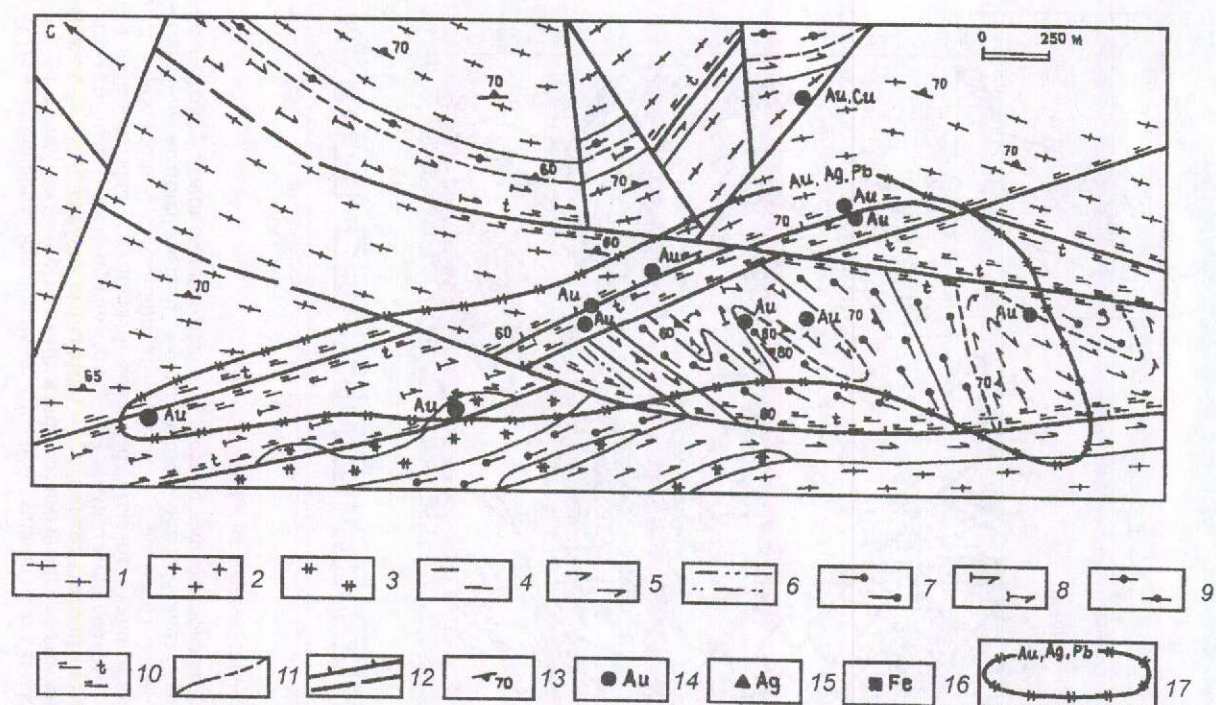


Рис. 2. Золоторудное проявление Уст'ярви:

гранитоиды лицинского комплекса: 1 — плагиограниты, гранодиориты, кварцевые диориты гнейсовидные, 2 — анатектит-граниты пегматоидные; 3 — западно-лицинский комплекс (лейкограниты двуслюдяные, турмалиновые); титовско-баренцевоморская толща: 4 — гнейсы биотитовые, гранат-биотитовые плагиомигматизированные, 5 — амфиболиты роговообманковые, актинолитовые, 6 — гнейсы биотитовые, гранат-биотитовые с реликтовой псаммитовой структурой, 7 — порфирииды кисло-среднего состава, 8 — кристаллосланцы кварц-плагиоклаз-амфиболовые, 9 — гранатовые амфиболиты; 10 — тектониты, катаклазиты, миониты; 11 — до-направление падения плоскости сместителя; 12 — разрывные нарушения (штрихами показано направление падения плоскости сместителя); 13 — элементы залегания сланцеватости, гнейсовидности, полосчатости пород и геологических границ; точки минерализации: 14 — золота, 15 — серебра, 16 — магнетита; 17 — геохимические аномалии по первичным ореолам

Центрально-Кольской СТЗ — постепенная через зону мигматизации шириной 100–500 м, где среди ультраметагенных гранитоидов развиты многочисленные скиалиты кольских гнейсов, амфиболитов и предположительно супракрустальных пород титовско-баренцевоморской толщи.

Основные структурные элементы Уст'ярвинской гранит-зеленокаменной зоны — Западный купол («нормальный» купол), Северная моноклинал (блок моноклинально залегающих пород), Восточный купол (воронкообразная, синформная структура), главная зеленокаменная структура (Уст'ярвинская), Суормусъярвинская куполовидная структура (см. рис. 1). В Восточном куполе наблюдается вертикальная или центриклинальная ориентировка крыльев структуры. Это объясняется каплевидной формой купола, которая может трактоваться как капли, «всплывающие» вверх [11]. Гранитоиды представ-лены лицинским комплексом палингенно-

метасоматических диоритов-плагиогранитов, супракрустальные образования — титовско-баренцевоморской толщи.

В Уст'ярвинской зоне среди архейских гранитоидов лицинского комплекса закартированы многочисленные фрагменты структур, сложенные полосчатыми и слоистыми гнейсами и амфиболитами. Полосчатость и сланцеватость в них в основном конкордантна границам тел и гнейсовидности вмещающих гранитоидов, и лишь на отдельных участках в этих фрагментах сохранились автономные складчатые структуры. Фрагменты структур разнообразны по размерам, форме и внутреннему строению. Их вещественный состав, соотношения с окружающими гранитоидами, характер эндогенных процессов аналогичны таковым в титовско-баренцевоморской толще, слагающей Уст'ярвинскую зеленокаменную структуру, и поэтому фрагменты рассматриваются как реликты лопийских зеле-

нокаменных образований, располагающиеся среди гранитоидов Мурманской СТЗ.

Купольные структуры обрамлены дугowymi и полукольцевыми разломами, а также согласными пластинами, чешуями, фрагментами пород титовско-баренцевоморской толщи. Последние иногда наблюдаются в межкупольных пространствах, образуя блоки моноклинально залегающих крутопадающих пород или килевидные складки. По-видимому, купола формировались не синхронно, а имели полициклическое развитие, чем объясняется разная глубина их эрозионного среза. Они осложнены более поздними прямолинейными разрывами преимущественно северо-восточного простирания, часть из которых контролирует размещение даек базитов. Амплитуды смещений по этим нарушениям достигают 300 м.

В Устоярвинской зоне уверенно выделяются структуры трех генераций: ранние складчатые, купольные и долгоживущие шовные. Складки ранней генерации расшифровываются с трудом, но имеют ряд особенностей, позволяющих с определенной долей достоверности отнести их к древней линейной складчатости. Этап редуцированного деформационного цикла сводился к линейной складчатости, осложненной продольными разрывами, и сопровождался низкотемпературным метаморфизмом. Древние складки сильно искажены наложенными деформациями, но первоначально имели, по-видимому, субмеридиональную ориентировку (см. рис. 2). Это подтверждается расположением их шарниров. Ограничения диапир-плутонов ориентированы почти под прямым углом к простиранию древних складок и обычно по тектоническим нарушениям срезают их. Складки ранних генераций наблюдаются в Западном куполе и в главной зеленокаменной структуре.

Купольные структуры отражают процессы плутонообразования и связываются с «всплыванием» гранитных куполов и фрагментацией лопийского структурного яруса. Становление диапир-плутонов сопровождалось интенсивным искажением более ранних складок, особенно на стыках смежных купольных структур. Одновременно проявился региональный метаморфизм и развилась наложенная сланцеватость в супракрустальных образованиях. Ориентировка сланцеватости неизменно параллельна гнейсовидности гранитоидов, в свою очередь, подчиненной очертаниям диапир-плутонов. Эта тенденция проявляется в главной зеленокаменной структуре, фрагментах зеленокаменных пород и в «ксенолитовых поясах». Не син-

хронное, а полициклическое развитие диапиров подчеркивается разной глубиной эрозионного среза и тектоническими взаимоотношениями, которые наблюдаются между ними в межкупольных структурах — овалыные элементы одного купола накладываются и пересекают элементы другого. Такие взаимоотношения позволяют оценить деформационное воздействие диапир-плутонов как доминирующее, создающее современный структурный план гранит-зеленокаменной зоны.

Важное структурообразующее значение имеет долгоживущая региональная Титовско-Урагубская зона, представленная серией сближенных продольных разрывов, сопровождающих главный супракрустальный пояс. Заложённая, по-видимому, еще в раннем архее, она развивалась на протяжении всего лопия, а последние тектонические процессы проявились в ней уже после становления куполов.

В Западном куполе иногда вдоль контактов супракрустальных образований и гранитоидов фиксируются «ксенолитовые пояса». Это выдержанные по мощности и простиранию полосы шириной от 50 до 150 м, содержащие от 20–30 до 50–70% удлиненно-округлые фрагменты амфиболитов, гнейсов, сцементированных лейкократовым биотитовым плагиогранитом. В амфиболитах и гнейсах отмечаются реликтовая полосчатость и сланцеватость. Подобные «ксенолитовые пояса» известны в сводовых частях купольных структур в блоке Пилбара гранит-зеленокаменной области Австралии [14]. Наличие значительного количества обособлений амфиболитов отмечается также и в ядерных частях двух мелких куполов Западного купола.

Приведенные данные о структурном развитии, вещественном составе гранит-зеленокаменного комплекса Устоярвинской зоны дают основание рассматривать главный пояс и фрагменты титовско-баренцевоморской толщи как вторичные структуры, представляющие собой реликты некогда единой шовной зоны. Возраст ее заложения, по-видимому, древнее 2,8 млрд. лет, поскольку по этому участку Sm-Nd методом определен лишь модельный возраст протолита тоналитов 2681 млн. лет [15]. Кроме того, в пределах Северной моноклинали известен возраст дайки оливиновых габбро-долеритов, прорывающих лицинские граниты хребта Мустатунтури, равный 2555 млн. лет [13]. Все это позволяет отнести западный фрагмент Мурманской СТЗ и обрамляющую ее Устоярвинскую структуру к части архейской (лопийской) гранит-зеленокаменной области.

Разрез зеленокаменных образований и возможность его корреляции. Супракрустальные образования Устоярвинской зоны и аналогичные породы, фрагментарно встреченные среди гранитоидов Мурманской СТЗ, входят в состав титовско-баренцевоморской толщи, представленной переслаиванием метавулканитов среднего и основного составов (амфиболитов) и метаосадков (парагнейсов и кристаллосланцев). Подчиненное значение имеют пластовые тела и линзы метакоматиитов, двуслюдяных гнейсов, гранат-кварцевых пород, железистых кварцитов, габброидов, гранатовых амфиболитов, хлорит-карбонат-амфиболовых пород. По вещественному составу и геологическим взаимоотношениям в разрезе выделяются две подтолщи — нижняя (терригенная) и верхняя (вулканогенно-осадочная). Нижняя подтолща имеет мощность около 400 м и ширину выходов до 700 м. Она сложена монотонными серыми мелкозернистыми биотитовыми плагиогнейсами при подчиненной роли гранат-биотитовых, силлиманит-гранат-биотитовых плагиогнейсов, в различной степени плагиомигматизированных и залегает в основании разреза титовско-баренцевоморской толщи согласно с верхней подтолщой или в поле развития гранитоидов лицинского комплекса в виде самостоятельных тел. Породы нижней подтолщи отличаются от пород верхней более высокой степенью метаморфизма, характером разреза и структурно-текстурными особенностями. Границы нижней и верхней подтолщ по единичным обнажениям прямолинейные, согласные со сланцеватостью и полосчатостью пород.

Породы верхней подтолщи слагают главную зеленокаменную структуру — Устоярвинскую, а также ее фрагменты, располагающиеся в куполах среди лицинских гранитоидов. Они развиты значительно шире пород нижней подтолщи и занимают до 80–90% площади всей толщи. Ширина выходов изменяется от 250 м на юго-востоке блока до 2000 м в центральной части структуры, что объясняется, вероятно, образованием здесь узких изоклинальных складок, тогда как на маломощных участках разрез представлен редуцированными фрагментами.

Для внутреннего строения верхней подтолщи характерны следующие главные особенности: преобладание в разрезе толеитовых базальтов (амфиболитов), ассоциирующих с базальт-андезит-дацитовыми, липарит-дацитовыми вулканитами (кристаллосланцы, порфиroidы); подчиненное развитие метаосадочных пород, метакоматиитов, железистых кварцитов; тонко-

полосчатое строение с предположительно первичной полосчатостью метавулканитов и слоистостью метаосадков; низкотемпературный минеральный парагенезис (эпидот, хлорит, серицит, зеленовато-бурый биотит и т.д.), отвечающий среднетемпературной субфации амфиболитовой фации.

Преимущественное развитие в разрезе верхней подтолщи имеют две контрастные ассоциации пород: метаосадочные породы — гнейсо-сланцы, биотитовые, гранат-биотитовые плагиосланцы и метавулканиты — амфиболиты, кристаллосланцы средне-основного состава.

К метаосадочным породам отнесены гнейсо-сланцы и плагиосланцы, в которых на многочисленных участках западного фланга Устоярвинской зоны сохранились хорошо выраженные реликтовые псаммитовые структуры, а также первичная полосчатость, интерпретируемая как слоистость. Наиболее широко развиты мелкозернистые биотитовые гнейсо-сланцы. Псаммитовая структура в них обусловлена наличием в породе окатанных удлиненно-овальных фрагментов кварца и полевого шпата (0,1–1 мм), погруженных в базальный кварц-биотитовый цемент алевритовой размерности. Кварц в цементе частично регенерирован. В зонах рассланцевания возникает гнейсовидная структура с субориентированным биотитом и перекристаллизованным кварцем. Судя по текстурно-структурным особенностям и минеральному составу, исходными породами для биотитовых гнейсо-сланцев были средне-крупнозернистые аркозовые песчаники с базальным цементом глинисто-кварцевого состава.

В пользу вулканогенного генезиса амфиболитов свидетельствуют их пластообразное залегание, выдержанность по простиранию мощностей на значительном расстоянии, частое переслаивание с метаосадками, а также наличие реликтовых миндалекаменных структур. В отдельных разрезах преобладают мезо-меланократовые амфиболиты — роговообманковые, актинолит-роговообманковые, содержащие гранат, эпидот, сфен. По петрохимическому составу они отвечают толеитовым базальтам, а метаультрабазиты по химизму соответствуют пироксеновым и перидотитовым коматиитам.

В строении верхней подтолщи титовско-баренцевоморской толщи отчетливо выделяются три пачки — нижняя, средняя и верхняя. Нижняя, мощностью около 400 м, представлена чередованием мощных прослоев биотитовых гнейсо-сланцев и амфиболитов, вмещающих мелкие те-

ла и линзы метаультрабазитов. Среднюю пачку (300 м), амфиболитовую, подстилает горизонт (12 м) метапсаммитов — биотит-кварц-плагиоклазовых сланцев с гравийной текстурой. Они содержат хорошо окатанные обломки кварца, кварц-плагиоклазовых сростков размером до 1,5 см. Гравийный обломочный материал не превышает 15%, распределен неравномерно с обогащением отдельных слоев. Контакт метагравийных песчаников с перекрывающими их амфиболитами тектонический. Последние включают прослои и линзы амфибол-биотитовых плагиогнейсов, кварц-плагиоклаз-амфиболовых кристаллосланцев, метаультрабазитов (коматиитов), амфиболитизированных габбро-норитов. В разрезе амфиболитовой пачки отмечаются редкие согласные маломощные (до 1 м) прослои биотитовых гнейсо-сланцев с бластопсаммитовой структурой. Вблизи метакоматиитов располагаются горизонты железистых кварцитов мощностью до 25 м. Разрез амфиболитовой пачки завершает горизонт карбонатсодержащих метапсаммитов. Контакт с вышележащей пачкой (гнейсовой) стратиграфический, проводится по горизонту (10 м) гравийных метапсаммитов (или метатуфопесчаников), состоящих из обломков гравелитовой размерности кварцевого, кварц-плагиоклазового, плагиоклаз-хлорит-амфиболового составов, погруженных в мелкозернистый биотит-кварц-плагиоклазовый цемент.

Верхняя пачка (300–350 м) характеризуется частым и тонким переслаиванием плагиогнейсо-сланцев, в том числе карбонатсодержащих, и актинолит-роговообманковых амфиболитов. В гнейсо-сланцах часто хорошо выражены псаммитовые структуры. На западном фланге Устолярвинской зоны гнейсовая пачка залегает моноклиально, круто падая в северных румбах. Верхний контакт гнейсовой пачки с лицинским комплексом гранитоидов тектонический, часто в виде мощной зоны тектонитов.

На юго-восточном фланге структуры разрез несколько иной, по-видимому, значительно редуцированный. Преобладают метавулканиды кислого и среднего составов. Метавулканиды основного состава и метаосадочные породы имеют подчиненное развитие. В основании разреза залегает пачка (250–300 м) плагиогнейсо-сланцев биотитовых, гранат-биотитовых, интенсивно хлоритизированных, серицитизированных, которые по набору минералов могут отвечать порфиридам кисло-среднего состава. Их перекрывают кварц-плагиоклаз-амфиболовые кристаллосланцы с прослоями гранат-кварце-

вых и гранат-амфиболовых, а также амфиболитов и гнейсов (250 м).

По особенностям строения, характеру разреза и составу зеленокаменный комплекс Устолярвинской зоны коррелируется с разрезами поясов Урагубский и Колмозеро-Воронья (рис. 3). Кроме того, в грубом приближении имеются элементы сходства устолярвинского разреза и средней части разрезов известных зеленокаменных поясов — пояс Барбетон, группа Онвервахт, пояс Пилбара, группа Варравуна [7].

Перспективы золотоносности Устолярвинской зеленокаменной структуры. Выявленная золоторудная минерализация тяготеет к приконтактовым зонам гранитоидов лицинского комплекса с вмещающими их образованиями титовско-баренцевоморской толщи. Точки с повышенным содержанием золота расположены как в зеленокаменных породах Устолярвинской структуры, так и в измененных гранитоидах.

Контакты вмещающих супракристалльных образований с лицинскими гранитоидами почти на всем протяжении интенсивно тектонизированы. Ширина зоны тектонитов по амфиболитам, гнейсам, гранитам достигает 100 м и более. Породы зоны интенсивно катаклазированы, рассланцованы, эпидотизированы, хлоритизированы, на значительной площади окварцованы, мусковитизированы, карбонатизированы, сульфидизированы. В катаклазитах, а также в кварцевых, кварц-плагиоклазовых жилах рудная минерализация представлена пиритом, халькопиритом, гематитом, магнетитом. Кроме продольных зон катаклаза на контактах блоков зеленокаменных пород и гранитоидов, отмечаются поперечные секущие разломы, вдоль которых также развиваются тектониты и метасоматиты по ним.

Почти все точки с повышенным содержанием золота группируются на двух локализованных участках: Амбарнинском (Au от 0,1 до 1 г/т) и Устолярви (Au от 0,1 до 0,3 г/т) (см. рис. 1, 2, 4). На этих же участках или вблизи них расположены породы с аномальными содержаниями Cu, Ag, V, Mo, Fe. Две точки с содержанием Au 0,2 и 0,3 г/т находятся на некотором удалении от мест концентрации рудных точек, но на продолжении тех же структур.

По результатам опробования коренных пород на участках выявлены первичные ореолы Au, Ag, Pb, Mo. В пробах с повышенным содержанием золота установлено: Cu до 0,3–0,6%, Ag 1–5 г/т, Bi 2–40 г/т, W до 6 г/т, Sc 30–80 г/т.

Главная зеленокаменная структура и окружающие ее гранитоидные купола характеризу-

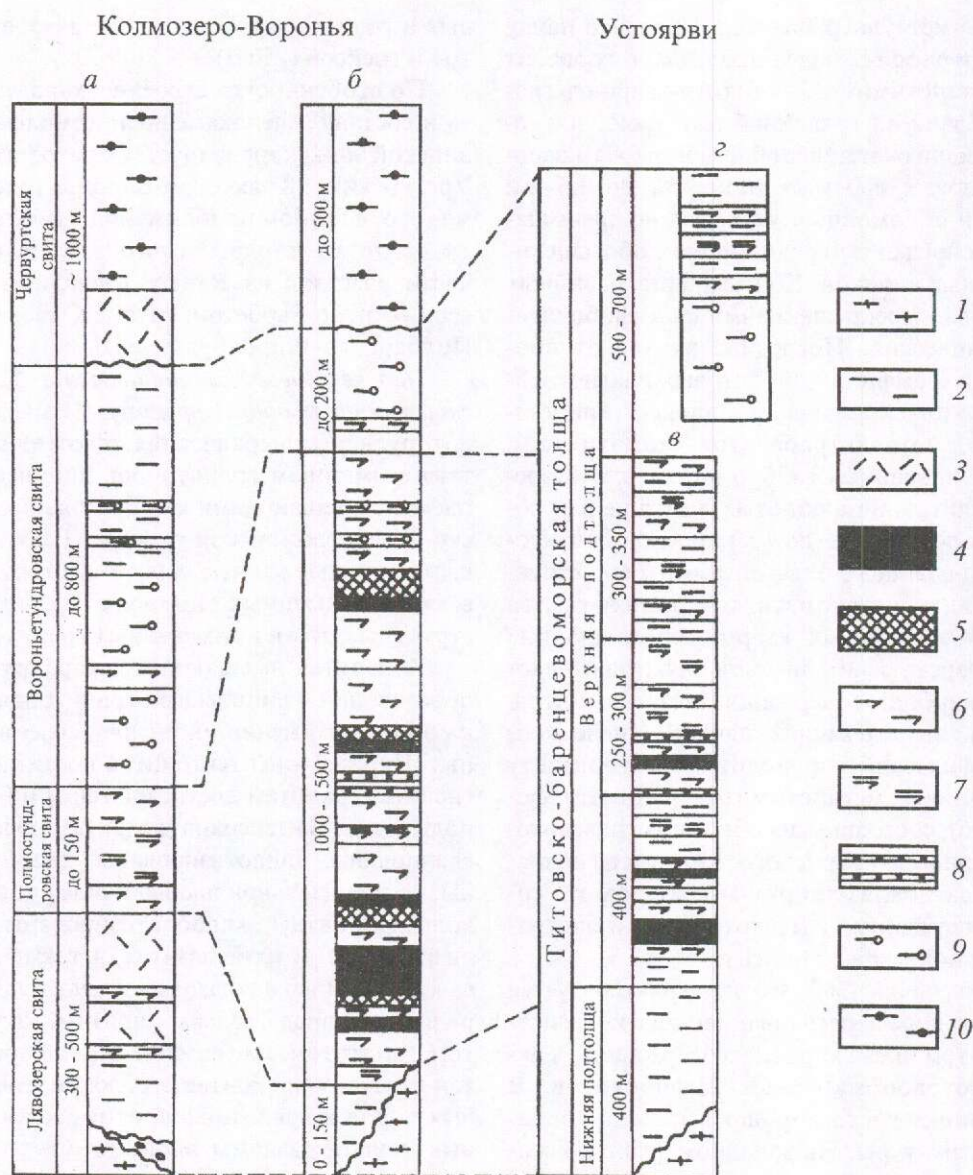


Рис. 3. Схема корреляции сводных стратиграфических разрезов архейского зеленокаменного пояса Колозеро-Воронья и Устярвинской структуры:

пояс Колозеро-Воронья: *a* — юго-восточная часть, *б* — северо-западная часть [1]; Устярвинская структура: *в* — северо-западный фланг, *г* — юго-восточный фланг (верхняя часть); 1 — гранитоиды; 2 — биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы и сланцы (метапсаммиты); 3 — гранат-ставролит-биотитовые с кордиеритом гнейсы и сланцы (метапсаммиты и метаалевролиты); 4 — перидотитовые коматититы; 5 — базальтовые коматититы; 6 — сланцеватые амфиболиты (толеитовые базальты) с прослоями гранатовых амфиболитов, кварц-плагиоклаз-амфиболовых сланцев (средние вулканиты и туфогенно-осадочные породы); 7 — полосчатые амфиболиты, переслаивающиеся с амфибол-биотитовыми сланцами, биотитовыми гнейсо-сланцами; 8 — железисто-кремнистые породы; 9 — метаморфизованные вулканиты среднего и кислого составов; 10 — переслаивающиеся биотитовые, двуслюдяные, глиноземистые гнейсы и сланцы

ются многочисленными площадными геохимическими аномалиями по потокам рассеяния. Аномалии различной интенсивности имеют следующую геохимическую специализацию: Cu, Mo, Pb, Sn, Ag, (+Zn, Nb, V); U, Th (+Bi); Au, Bi. Во вторичных геохимических аномалиях отме-

чены редкие пробы с содержанием Au 0,3–1 г/т. Точечные аномалии золота в рыхлых отложениях приурочены к участкам развития пород титовско-баренцевоморской толщи (см. рис. 2, 4). Аналогичные площадные и точечные геохимические аномалии, в том числе по золоту, извест-

ны и за рамками изученной площади на юго-востоке, вдоль Титовско-Урагубской шовной зоны, разделяющей Мурманскую и Центрально-Кольскую СТЗ.

Участок Амбарнинский длиной 1,75 км при ширине 100–400 м расположен на правом берегу губы Амбарная (см. рис. 1, 4), где в виде овала повторяет контуры западного фланга Устоярвинской структуры. На нем выявлено 15 точек с содержанием Au 0,1–1 г/т при мощности опро-

бованных интервалов до 8 м (табл. 1). Сульфиды образуют мелкую вкрапленность от 1–2 до 10% и представлены халькопиритом (до 10%), магнетитом (3%), пиритом (0,5%). В редких и единичных знаках присутствуют галенит, ковеллин, гематит, лейкоксен.

Повышенные содержания золота приурочены к окварцованным, карбонатизированным амфиболитам или тектонитам по ним, реже к эпидотизированным, серицитизированным ам-

1. Содержание золота и сопутствующих элементов в основных разновидностях пород Устоярвинской структуры

Породы	Минеральные ассоциации вторичных процессов	Мощность рудной зоны, м (от — до)	Средняя мощность рудной зоны, м	Сульфиды, %	Au, г/т	Сопутствующие элементы, г/т
<i>Участок Амбарнинский</i>						
Амфиболиты роговообманковые катаклазированные	Кварц, эпидот, карбонат, скаполит, хлорит	0,2–4,6	1,5	1–2	0,1–1	Ag 0,1–4, Cu 100–400, Bi 2–4, W 1–6, Mo 10–30
Плаггиогнейсы амфиболбиотитовые	Кварц, эпидот, турмалин	0,6–8	3,3	1–5	0,1–0,3	Ag 0,3–0,5, Cu 100–800, Bi 2–40, Pb 40, Mo–30, Zn 100
Метасоматиты хлорит-карбонат-актинолитовые	Карбонат, хлорит	0,8	0,8	1	0,6	Ag 0,8, Cu 100, Pb 30
Тектониты плаггиоклаз-карбонат-кварцевые с амфиболом, серицитом, биотитом	Кварц, карбонат, серицит	0,2–0,5	0,3	1–20	0,1–0,3	Ag 0,1–5, Cu 400–6000, Bi 2, Pb 600, Mo 15–300
<i>Участок Устоярви</i>						
Лейкогранит пегматоидный катаклазированный	Серицит, кварц, карбонат	1	1	5–7	0,2	Ag 0,3, Mo 20
Кварцит метасоматический катаклазированный	Кварц, хлорит, карбонат	1–1,2	1,1	20–25	0,2–0,3	Ag 0,3–0,8, Cu 100–1000, Pb 10, Zn 100
Кварцевые, кварц-баритовые жилы	Кварц, барит, карбонат	0,1–0,2	0,15	5–50	0,1–0,2	Ag 0,6–0,8, Cu 400–3000, Bi 2, Mo 20
Тектониты по плаггиогнейсам, гранитоидам, амфиболитам	Кварц, хлорит, карбонат, серицит	0,5–1,8	1,1	1–7	0,1–0,3	Ag 0,3–0,6, Cu 10–1000, Bi 2–3, W 6
Тектоническая брекчия	Кварц	0,7–10	5,3	1–5	0,1–0,2	Ag 0,2–0,4, Cu 100–400, Pb 150, Zn 100, Bi 3–4, W 5
Кристаллосланцы магнетит-гранат-кварц-амфиболовые	Кварц, эпидот	1–5	3	1–2	0,1–0,2	
Амфиболит роговообманковый мезократовый	Кварц, эпидот, биотит	1,6	1,6	3–5	0,1	Ag–0,2

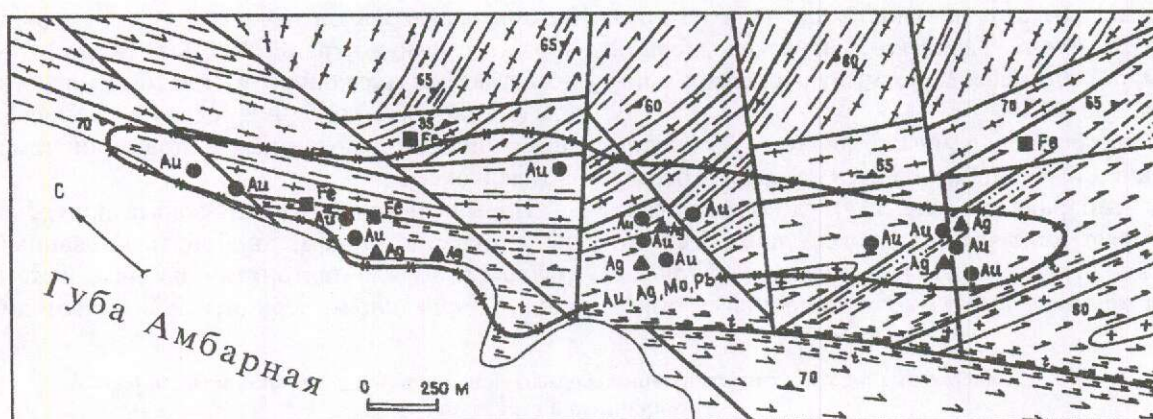


Рис. 4. Участок золоторудного проявления Амбаринский:
усл. обозн. см. рис. 2

фибол-биотитовым плагиогнейсам. По простиранию зоны сульфидной минерализации прерывисто прослеживаются более чем на 2 км. Они связаны с разломами, диагонально секущими сланцеватость и полосчатость супракрупных толщ и оперяющими главный тектонический шов. Золотая минерализация чаще всего связана с породами амфиболитовой подтолщи титовско-баренцевоморской толщи.

Участок Устоярви площадью 3,5×0,7 км расположен вдоль границ зеленокаменной структуры и лицинских гранитоидов к юго-востоку от одноименного озера (см. рис. 1, 2). Оруденение приурочено к мощным (до 100 м) зонам катаклазитов, тектонитов, захватывающих супракрупные толщ и гранодиориты лицинского комплекса. Зоны деформированных контактов (тектонитов) окружены ореолами в различной степени гидротермально и метасоматически измененных пород, метасоматитов пропилитовой и лиственитовой фаций. Количество сульфидов в породах достигает 25%, в единичных случаях — 50% (см. табл. 1) при содержании Au 0,1–0,3 г/т. Рудные минералы представлены магнети-

том, пиритом, редкими зернами халькопирита, гематита, борнита, лейкоксена. Повышенные содержания золота отмечены в тектонитах по амфиболитам, гнейсам, гранитоидам, а также в кварцевых жилах, метасоматических кварцитах и гранат-амфибол-кварцевых кристаллосланцах. Элементы-индикаторы золота — молибден, висмут и медь (табл. 2), а также ореолы Ag, Cu, Bi, Mo, W, Sc. Мощность опробованных прослоев 0,1–5 м, по простиранию они прослеживаются до 3 км и более. Минералогически золото представлено электрумом (рис. 5; см. табл. 2), развивающимся в ассоциации с молибденитом, гесситом, пирротинном. Чаще всего оно присутствует в виде тонких включений в пирротине вместе с молибденитом. Золоторудная минерализация относится к золото-кварцевой малосульфидной рудной формации.

Золотая минерализация в Устоярвинском зеленокаменном блоке по структурным, формационным и генетическим признакам наиболее близка типу месторождений, связанных с деформированными эндо- и экзоконтактовыми зонами гранитоидных и гранито-гнейсовых масси-

2. Результаты микрозондового анализа минерального парагенезиса пирротин (PO)–молибденит (MO)–золото (EL)

Проба	Минерал	Fe	Mo	Au	Ag	S	Te	Сумма
400382	HS	–	–	–	63,2 2,017	–	36,4 0,983	99,6 3,000
400382	EL	–	–	75,0 0,624	24,8 0,376	–	–	99,8 1,000
400382	MO	18,9 0,495	38,8 0,592	–	–	42,0 1,913	–	99,7 3,000
400382	PO	58,9 0,909	–	–	–	40,6 1,091	–	99,5 2,000

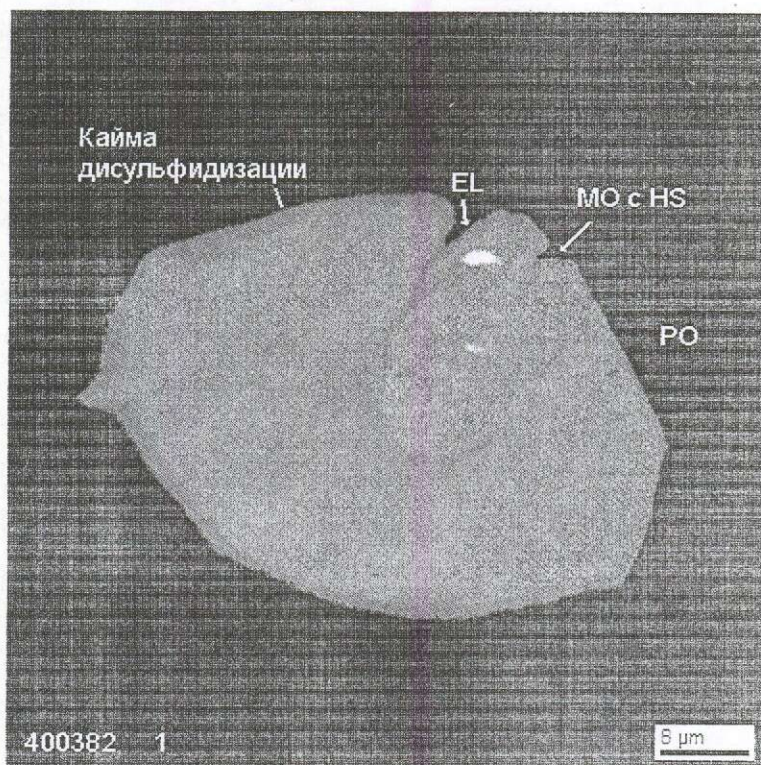


Рис. 5. Электронное фото рудных минералов:

РО — пирротин, МО — молибденит, ЭЛ — электрум, HS — гессит

вов [10]. Средой, вмещающей гранитоидные массивы, служат метаморфизованные осадочно-вулканогенные образования титовско-баренцево-морской толщи позднего архея (лопия).

Предварительное изучение показало, что ремобилизации золота способствовало палингено-метасоматическое и анатектическое гранитообразование на активизированном фундаменте (Мурманский блок), а также многократные тектонические движения, развивавшиеся вдоль Титовско-Урагубской шовной зоны и сопровождавшиеся гидротермально-метасоматическими процессами. Перераспределение и концентрация золота происходили под влиянием метасоматирующих флюидов гранитоидных массивов в контрастно-слоистых породах титовско-баренцево-морской толщи.

Проявления золота, обнаруженные в Устойярвинской гранит-зеленокаменной зоне позднего архея по своим особенностям близки к геолого-промышленным типам месторождений в метатерригенно-вулканогенных толщах архейских зеленокаменных поясов (рудное поле Йеллоунайф, Канада; месторождение Калгурли, Австралия и др.) [10]. Поскольку Устойярвинская зеле-

нокаменная структура в Титовско-Урагубской шовной зоне является северо-западным продолжением золотоносного зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья-Урагуба, то установленная в ней золотая минерализация позволяет считать ее перспективной для постановки поисковых работ на выявление промышленного типа оруденения.

Автор выражает глубокую признательность В.В.Кнауфу (фирма НАТИ), выполнившему фазовый минералогический анализ проб и микроспектральный анализ рудных минералов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедов А.М., Лобаев В.М., Крупеник В.А., Травин Л.В. Компьютерная карта золотоносности докембрия Карелии м-ба 1: 1 000 000 // Региональная геология и металлогения. М., 2001. Вып. 13-14 (Тр.ВСЕГЕИ).
2. Богданов Ю.Б., Шалек Е.А., Кузнецов О.Б. Конгломераты района Ура-губы (Кольский полуостров) // Советская геология. 1986. № 8.
3. Вревский А.Б. Архейский супракrustальный пояс Полмос-Порос: петрология и этапы развития: Автореф. дисс... канд. геол.-минер. наук – Л., 1982.
4. Дерюгин Ю.Н., Ручкин Г.В. Методические рекомендации по прогнозированию и поискам место-

- рождений золота в раннедокембрийских зеленокаменных поясах. – М.: ЦНИГРИ, 1988.
5. *Докембрийская* тектоника северо-восточной части Балтийского щита (Объяснительная записка к тектонической карте масштаба 1:500 000) / Под ред. Ф.П.Митрофанова. – С-Пб.: Наука, 1992.
 6. *Колмозеро-Воронья-Урагубский* зеленокаменный пояс / М.С.Ружьева, В.А.Матреничев, А.Б.Вревский и др. // Путеводитель геологических экскурсий международного симпозиума «Мантийные плюмы и металлогения». Петрозаводск-Апатиты, 2002.
 7. *Конди К.* Архейские зеленокаменные пояса. – М.: Мир, 1983.
 8. *Макиевский С. И.* Геология метаморфических толщ северо-запада Кольского полуострова. – Л., 1973.
 9. *Металлогеническая* эволюция архейских зеленокаменных поясов Карелии. Ч. 1. Вулканизм, седиментогенез, метаморфизм и металлогения / С.И.Рыбаков, А.С.Гришин, В.Н.Кожевников и др. – С-Пб.: Наука, 1993.
 10. *Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра, 1988.
 11. *Ранний докембрий* северо-востока Балтийского щита: палеогеодинамика, строение и эволюция континентальной коры / М.В.Минц, В.Н.Глазнев, А.Н.Корнилов и др. – М.: Научный мир, 1996.
 12. *Ручкин Г.В., Дерюгин Ю.Н.* Золотоносность архейских зеленокаменных поясов. – М.: ВИЭМС, 1995.
 13. *Федотов Ж.А.* Региональные дайковые комплексы Кольского региона и периодизация кратонного магматизма Балтийского щита // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Фенноскандии. Петрозаводск, 1999. С. 168–169.
 14. *Cooper J.A., James P.R., Rutland R.W.R.* Isotopic dating and Structural relationships of granitoids and greenstones in the East Pilbara, Western Australia // Precamb. Res. 1982. Vol. 18. № 3. P. 199–236.
 15. *Timmerman M.J., Dali J.S.* Sm–Nd evidence for late Archaean crust formation in the Lapland — Kola Mobile Belt, Kola Peninsula, Russia and Norway // Precamb. Res. 1995. Vol. 72. P. 97–107.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 550.837:[553.81+553.41/.48]

© В.Ю.Абрамов, С.С.Кеворкянц, 2003

О НОВОЙ МЕТОДИКЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАЗЕМНОГО РАДИОВОЛНОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В.Ю.Абрамов, С.С.Кеворкянц (ЦНИГРИ МПР России)

Предложены новая методика интерпретации результатов радиоволнового зондирования и алгоритм расчета эффективного удельного электросопротивления зондируемых горных пород геологического разреза.

Существующая методика интерпретации результатов наземного радиоволнового зондирования (РВГЗ) [1–3, 6, 7] создана на основе синтеза нескольких технологий: шахтных одновыработочных зондирований, выполняемых с взаимно ортогональными установками; односкважинного радиопросвечивания; наземного частотного радиозондирования с индуктивной рамкой. Измерения выполняются при различных ориентировках передающей и приемной антенн вдоль профиля наблюдений, т.е. вдоль оси выработки ($E_x E_x$ -установка), и при ориентации обеих антенн перпендикулярно к профилю ($E_y E_y$ -установка). При этом в первом случае измеряется модуль электрической компоненты поля E_{xx} , во втором — модуль электрической компоненты E_{yy} . В качестве интерпретационных параметров, характеризующих среду, используется, кроме коэффициента поглощения радиоволн (k'') и связанных с ним удельного электросопротивления (ρ), диэлектрической проницаемости (ϵ) и магнитной проницаемости (μ), отношение $R_E = |E_{xx}| / |E_{yy}|$.

Как следует из элементарной теории распространения электромагнитных волн в однородной среде, параметр R_E , получаемый из одновыработочных измерений, при пренебрежении влиянием выработки дает оценку модуля эффективного волнового числа околорыработочного пространства между передающей и приемной антеннами.

Методика интерпретации радиоволновых измерений, выполняемых на поверхности Земли при наблюдениях вдоль одного профиля в виде

геометрических зондирований со сменой ориентации антенн (рис. 1), заключается в построении по результатам наблюдений вертикальных разрезов с нанесенными на них изолиниями параметров ρ , ϵ , μ и R_E , а при межпрофильных наблюдениях — в построении плана изолиний тех же параметров, привязанных к некоторой расчетной глубине.

Ниже показано, что при измерениях, проводимых на границе земля-воздух, физический смысл параметра R_E существенно меняется, что не может не отражаться на результатах интерпретации. Компоненты E_{xx} и E_{yy} диполей, расположенных на поверхности однородного проводящего полупространства, можно представить в следующем виде:

$$E_{xx} = iflle_{xx}/r, E_{yy} = iflle_{yy}/r, \quad (1)$$

где $r = \sqrt{X^2 + Y^2}$, $X = x - x_0$, $Y = y - y_0$; x , y и x_0 , y_0 — горизонтальные координаты соответственно источника и точки наблюдения; e_{xx} и e_{yy} — несобственные интегралы, ядра которых содержат быстро осциллирующие бесселевы функции первого и второго порядков.

Если точки наблюдения расположены также на границе полупространства и выполняется условие $k_0 \ll k_1$, где $k_0 = 2\pi f \cdot \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 2\pi / 3 \cdot f \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$ — волновое число воздуха (вакуума), $k_1 = k_0 (\epsilon_1' + i1,8 \cdot 10^{10} \sigma_1 / f)$, ϵ_1' , σ_1 — соответственно волновое число, относительная диэлектрическая проницаемость и удельная электропроводность нижнего полупространства, f — частота колебаний электромагнитного поля, ϵ_0 и μ_0 — соответственно диэлектрическая и магнитная постоянная

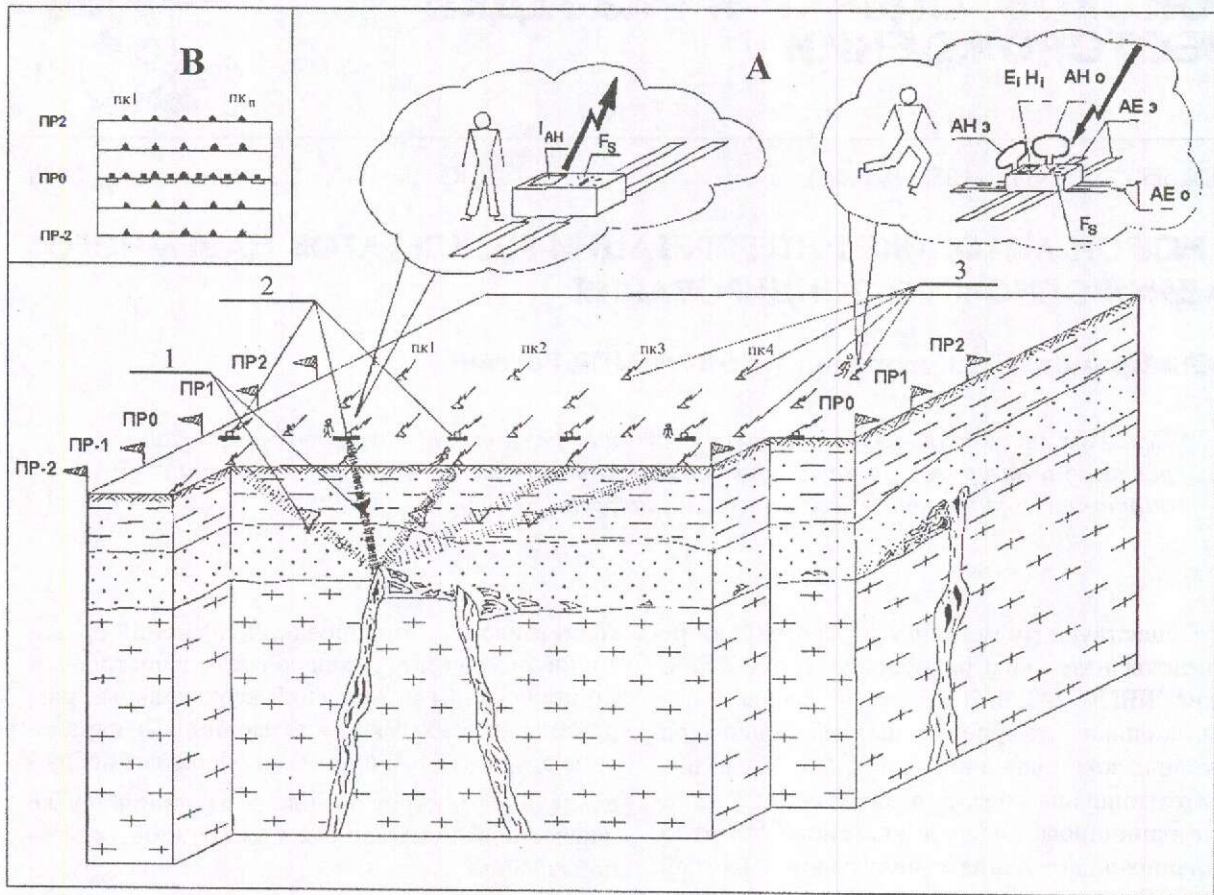


Рис. 1. Схема наземного радиоволнового голографического зондирования:

А — блок-схема расположения компонентов технологии; В — плоскость голографического зондирования; 1 — зондирующий и отраженный радиолучи; 2 — стоянки передатчика; 3 — стоянки приемника; I — измеритель тока в антенне; F_s — переключатель частоты; АНэ — антенна магнитная экваториальная; АНо — антенна магнитная осевая; АЕэ — антенна электрическая экваториальная; АЕо — антенна электрическая осевая; ЕН — измеритель напряженности поля

ные, то можно получить следующие приближенные представления для функций e_{xx} и e_{yy} :

Диапазон частот, применяемых в РВГЗ, ограничивается интервалом примерно от 0,3 до

$$e_{xx} = \frac{1}{k_1^2 r^2} \left[e^{ik_0 r} (1+q^2) \left(3 \frac{X^2}{r^2} - 2 + ik_0 r \frac{Y^2}{r^2} \right) + ik_0 r (1-q+q^2-q^3) \frac{X^2-Y^2}{r^2} - e^{ik_1 r} (ik_1 r - 1) \right],$$

$$e_{yy} = \frac{1}{k_1^2 r^2} \left[e^{ik_0 r} (1+q^2) \left(3 \frac{Y^2}{r^2} - 2 + ik_0 r \frac{X^2}{r^2} \right) - ik_0 r (1-q+q^2-q^3) \frac{X^2-Y^2}{r^2} - e^{ik_1 r} (ik_1 r - 1) \right], \quad (2)$$

где $q = k_0/k_1$.

В случае когда нижнее полупространство неоднородно, волновое число k_1 в выражениях (2) заменяется кажущимся волновым числом k_1 каж. Из выражений (1) видно, что если ток в передающей антенне при обеих ее ориентациях не изменяется, что именно и будет предполагаться далее, то

$$R_E = |E_{xx}| / |E_{yy}| = |e_{xx}| / |e_{yy}|. \quad (3)$$

62,5 МГц, а удельное электрическое сопротивление (УЭС) приповерхностного слоя для большинства случаев применения РВГЗ не превышает 50–100 Ом·м. При указанных частотах и УЭС изучаемой среды последний член в квадратных скобках выражений (2), несущий основную информацию о среде, значительно меньше остальных слагаемых, поэтому основным информационным элементом выражений (2) является мно-

житель $1/k_1^2 r^2$, который в соотношениях (3) сокращается. При наличии в приповерхностной области сильноконтрастной латеральной неоднородности в выражениях (3) вместо k_1 будет фигурировать параметр $k_{1 \text{ каж}}$, причем для e_{xx} и e_{yy} он будет иметь разные значения. Характер этого различия, отраженный в определенной степени в параметре $R_{E \text{ эф}}$, может служить критерием, указывающим на наличие неоднородности и дающим информацию об элементах ее залегания. Таким образом, описанный выше способ интерпретации РВГЗ дает количественную информацию о пространственном распределении названных выше физических параметров в исследуемой этим методом верхней части геологического разреза.

Как следует из выражений (1) и (2), при известных аппаратных характеристиках, определяющих амплитуду измеряемого сигнала и выраженных через параметр E_0 , значения модуля волнового числа в приповерхностном слое, который в дальнейшем для краткости условимся называть РВГЗ-слоем, могут быть получены и из самих параметров E_{xx} и E_{yy} , а не только из их отношения. Поскольку в действительности вместо напряженности электрического поля в точке наблюдения измеряется э.д.с. в приемной антенне, вместо E_{xx} и E_{yy} рассмотрим значения э.д.с. соответственно $U_{x \text{ изм}}$ и $U_{y \text{ изм}}$, для которых согласно (1) и (2) имеют место следующие представления:

$$U_{x \text{ изм}} = E_0 \cdot \frac{f_x}{r} \cdot \frac{1}{s^2 r^2}, \quad U_{y \text{ изм}} = E_0 \cdot \frac{f_y}{r} \cdot \frac{1}{s^2 r^2}, \quad (4)$$

где f_x и f_y — выражения в квадратных скобках соответственно из первого и второго соотношений (2); $s = \sqrt{|\sigma_1|}$, $\sigma_1 = \sigma_1 - i\omega \epsilon_1$, σ_1 и ϵ_1 соответственно удельная электропроводность (УЭП) и диэлектрическая проницаемость нижнего полупространства.

Заметим, что при частотах, не превышающих первых единиц мегагерц, и УЭС пород не более 200–300 Ом·м имеет место соотношение $|\sigma_1| \approx \sigma_1 = 1/\rho_1$ (ρ_1 — УЭС нижнего полупространства), что позволяет проводить картирование по УЭП или УЭС. Если в выражении, заключенном в квадратные скобки, в каждом из соотношений (2) пренебречь последним членом, а также параметром q и его степенями, как малыми величинами, то для f_x и f_y имеют место следующие нулевые приближения:

$$f_{x_0} = e^{ik_0 r} \left(3 \frac{X^2}{r^2} - 2 + ik_0 r \frac{Y^2}{r^2} \right) + ik_0 r \frac{X^2 - Y^2}{r^2}, \quad (5)$$

$$f_{y_0} = e^{ik_0 r} \left(3 \frac{Y^2}{r^2} - 2 + ik_0 r \frac{X^2}{r^2} \right) - ik_0 r \frac{X^2 - Y^2}{r^2}. \quad (6)$$

Решение задачи геометрического зондирования заключается в расчете для каждого разноса величины $s^2 = \sigma_{1 \text{ каж}}$ по одной из формул (4) и построении вертикального разреза распределения $\sigma_{1 \text{ каж}}$ по известной методике. Расчет $\sigma_{1 \text{ каж}}$ по одной из формул (4) можно выполнять итеративно. На начальном этапе коэффициенты f_x или f_y следует рассчитывать по формулам (5) или (6), после чего из формулы (4) определить нулевое приближение $\sigma_{1 \text{ каж}}^0$. Затем по полученному приближению рассчитываются $k_1 = \sqrt{i\omega \mu_0 \sigma_{1 \text{ каж}}^0}$ и $q = k_0/k_1$, после чего путем подстановки q в формулу (3) рассчитываются f_x или f_y и далее по одному из соотношений (4) — следующее приближение параметра $\sigma_{1 \text{ каж}}$. Как показывают расчеты, для оценки параметра $\sigma_{1 \text{ каж}}$ вполне можно обойтись нулевым приближением, если УЭС изучаемых пород не превышает 100–200 Ом·м, и первым приближением, если оно не более 300–500 Ом·м.

Значение $\sigma_{1 \text{ каж}}$, полученное для заданного разноса, присваивается точке разреза, расположенной под его центром на глубине $h = 0,4\rho_\phi$, где ρ_ϕ — радиус поперечного сечения радиогеоинформационной области (РГИО), или первой зоны Френеля для диэлектриков, определяемый с разной степенью точности из выражений, приведенных в работах [4] (без учета поглощения в среде) и [5, 8] (с учетом поглощения). Величина h представляет глубину, на которой находится середина центрального сечения РГИО в нижнем полупространстве, т.е. горизонтальная прямая, делящая площадь этого сечения на две равновеликие части. После нанесения на плоскость разреза значений $\sigma_{1 \text{ каж}}$, полученных для каждого разноса, строится карта изолиний глубинного распределения этого параметра вдоль профиля наблюдений.

Ниже покажем, как можно использовать соотношения (2) и (4)–(6) для томографической обработки данных наземных радиоволновых измерений, выполняемых между двумя параллельными профилями, по одному из которых перемещается приемник, а на другом расположен пере-

датчик (рис. 2). Известно, что реконструктивная томография (РТ) применяется при интерпретации геофизических данных, получаемых различными методами, с целью физико-геологического картирования. Наиболее простой вариант РТ — это лучевая томография, основанная на лучевом представлении о распространении волн и используемая для картирования разрезов по результатам межскважинного просвечивания из вертикальных или почти вертикальных скважин веерным способом. Под веерными подразумеваются такие измерения, когда при фиксированных положениях передатчика в заданных равноотстоящих точках одного профиля приемник перемещается с определенным шагом по другому профилю.

По результатам измерений путем применения РТ строится карта распределения коэффициента поглощения в плоскости просвечивания. Наземные радиоволновые наблюдения веерным способом с короткими электрическими антеннами выполняются при расположении центров антенн на параллельных профилях. В результате таких измерений можно построить карту распределения удельной электропроводности в пределах заданной области некоторого горизонта, отнесенного к глубине $h = 0,3 \bar{\rho}_\Phi$, где $\bar{\rho}_\Phi$ — величина, рассчитанная для средней величины \bar{r} , полученной по всей совокупности параметров r_j , при этом r_j — длина j -го луча наблюдений, т.е. отрезка, соединяющего центры передающей и приемной антенн в j -ом наблюдении. Макси-

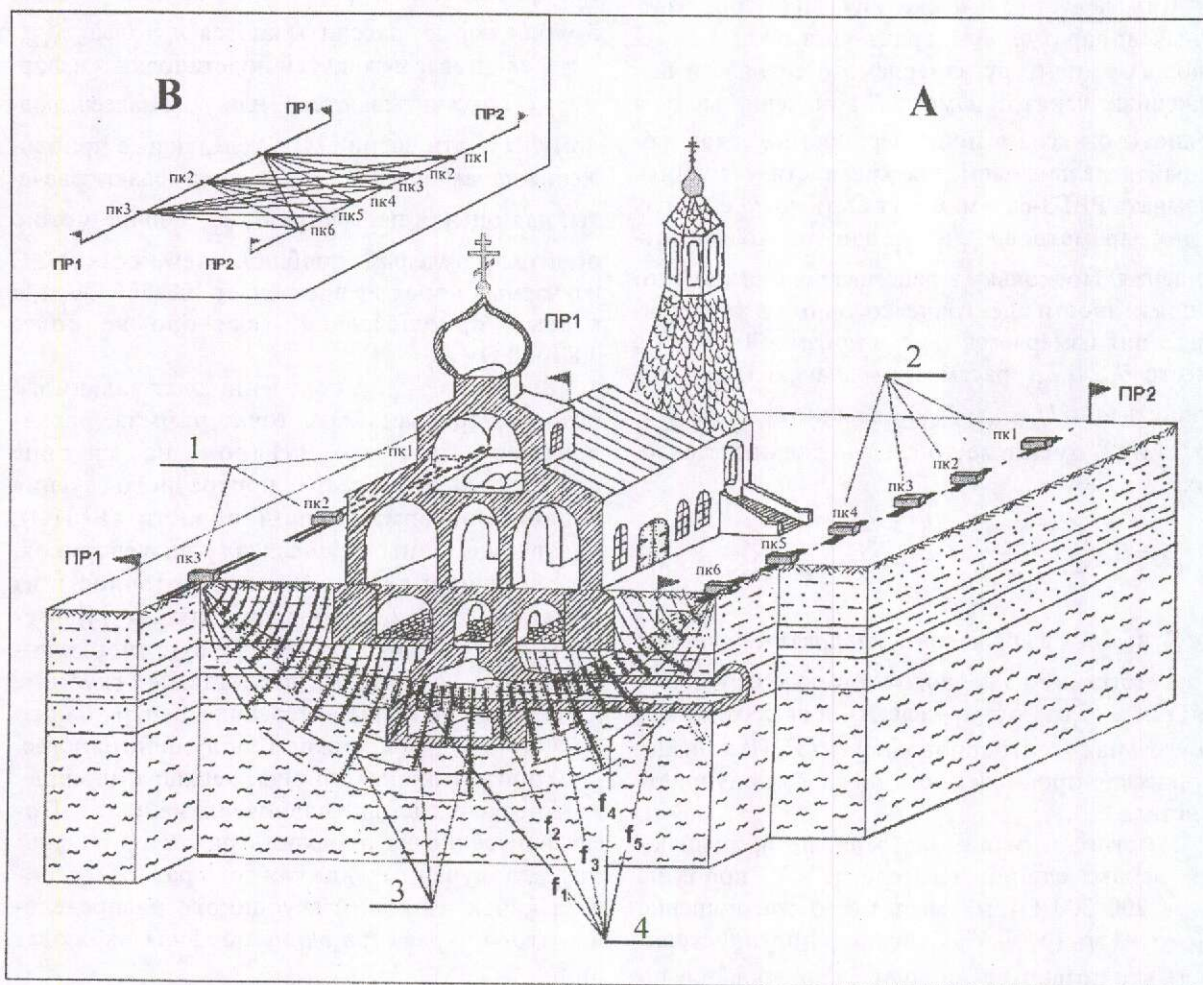


Рис. 2. Схема наземного томографического радиоволнового зондирования, на примере г. Александров Владимирской области:

А — блок-схема расположения компонентов технологии; В — поверхность радиозондирования с проекциями трасс радиолучей; 1 — стоянки передатчика и номера их пикетов; 2 — стоянки приемника и номера их пикетов; 3 — фронты радиоволн; 4 — эллиптические поверхности радиоволновых зон Френеля (f_1 — f_5 — частоты радиозондирования)

мальная величина r_j должна отличаться от минимальной не более чем в 1,5 раза, что позволит избежать грубых ошибок при глубинной привязке картируемого горизонта. Реконструируемой областью является прямоугольник, образованный проекциями профилей перемещения приемной и передающей антенн на плоскость картируемого горизонта и отрезками, соединяющими концы этих проекций. Разобьем данную область на равновеликие прямоугольные ячейки с индексами j ($j=1, 2, \dots, N$), каждой из которых присвоим соответствующее значение УЭП (σ_m) и $s_m = \sqrt{|\sigma_m|} \approx \sqrt{\sigma_m}$. Тогда для j -го луча наблюдений можно записать

$$(sr)_j = \sum_{m=1}^M s_m r_{jm}, \quad (7)$$

где r_{jm} — длина отрезка j -го луча, пересекающего m -ю ячейку. Исходя из лучевых представлений о распространении радиоволн и следуя работе [8], подставим выражение (7) в одно из соотношений (4) для j -го измерения. В результате, после несложных преобразований, получим систему линейных алгебраических уравнений, решение которой и есть задача реконструктивной томографии. Для более детального изучения разреза целесообразно решать задачу РТ как для хх-, так и для уу-установок. Системы уравнений РТ для первого и второго типов установок имеют соответственно вид

$$\sum_{m=1}^M s_m r_{jm} = \sqrt{\frac{E_0 f_x}{U_{x \text{ изм}} r}} \quad (j=1, 2, \dots, N) \quad (8)$$

и

$$\sum_{m=1}^M s_m r_{jm} = \sqrt{\frac{E_0 f_y}{U_{y \text{ изм}} r}} \quad (j=1, 2, \dots, N). \quad (9)$$

Результаты решения систем (8) и (9) могут существенно отличаться, так как хх-установка чувствительна к аномальным объектам с субпрофильным простираем, в то время как уу-установка чувствительна к объектам, простирающимся вдоль направления, перпендикулярного к профилям наблюдений. Поэтому результаты РТ для обеих установок взаимно дополняют друг друга. В качестве коэффициентов f_x и f_y в соотношениях (8) и (9) вначале следует брать величины f_{x_0} и f_{y_0} , рассчитанные соответственно по формулам (5) и (6), а затем последовательно уточнять их по методике описанной выше для интерпретации радиоволновых зондирований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов В.Ю., Мишин О.В., Лантев М.М., Томилин В.К.* Изучение верхних частей геологических разрезов методом наземного радиозондирования // Руды и металлы. 1996. № 6. С. 76–82.
2. *Абрамов В.Ю.* Межскважинная и наземная радиогеографическая и радиогеоологическая — высоко разрешающая система измерений и полевые эксперименты // Геофизический вестник. 2000. № 10. С. 8–13.
3. *Абрамов В.Ю.* Новые возможности наземной географической геолокации // Разведка и охрана недр. 2001. № 3. С. 36–39.
4. *Кеворкянц С.С., Коновалова Т.А.* Объемная локализация объекта на основе выделения информационных зон радиопросвечивания // Руды и металлы. 2000. № 5. С. 77–81.
5. *Петровский А.Д.* Радиоволновые методы в подземной геофизике. — М.: Недра, 1971.
6. *Черняк Г.Я., Мяковский О.М.* Радиоволновые методы исследований в гидрогеологии и инженерной геологии. — М.: Недра, 1973.
7. *Шемшурин В.А.* Методическое руководство по радиоволновому зондированию при разведке подземных вод в аридной зоне. — М.: Госгеотехиздат, 1962.
8. *Фейнберг Е.Л.* Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. — М.: Наука-Физматлит, 1999.

УДК 553.044:519.652

© Ф.А.Усманов, С.Т.Марипова, О.А.Юлдашев, 2003

МЕТОД ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ПЛОТНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ИХ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Ф.А.Усманов (ИГГ АН Республики Узбекистан), С.Т.Марипова, О.А.Юлдашев
(Институт минерального сырья Республики Узбекистан)

Разработан метод количественного прогнозирования рудных объектов, названный методом экстраполяции плотности. Он позволяет выделять перспективные площади, вычислять количество прогнозируемых в них объектов и вероятности их нахождения. Апробация метода на примере золоторудных объектов гор Букантау (Центральные Кызылкумы) показала его эффективность для прогнозирования рудных объектов по информативным геологическим, геофизическим и геохимическим признакам.

Прогнозирование рудных месторождений — сложная, многоаспектная проблема. Для предсказания местонахождения неизвестного месторождения приходится анализировать все имеющиеся геологические, геофизические и геохимические данные по исследуемой территории, выделять из них полезную информацию, связанную с размещением рудных месторождений прогнозируемого типа, отсеивать случайную составляющую этой информации, строить прогнозное заключение (обычно в виде прогнозных карт) и обосновывать его надежность. Кроме того, задачи прогнозирования отличаются большим разнообразием постановки и решений. Обзор и описание математических методов прогнозирования приводятся в ряде работ [1, 4, 6]. Большинство методов прогнозирования рудоносности территорий предназначено для выделения перспективных площадей. Ниже предлагается статистический метод, который можно использовать для выделения перспективных участков и определения в них наиболее вероятного количества рудных объектов.

Метод основан на представлениях о том, что геологическое строение любой части земной коры является реализацией случайного поля (случайной функции). Пусть для исследуемой территории имеется некоторая карта (геологическая, геофизическая или геохимическая), содержащая геологический признак i , несущий информацию о j -ом типе рудных объектов. Под геологическим признаком подразумеваются типы пород, формаций, комплексов, структур, геофизических или геохимических аномалий и т.п., под рудным объектом j -го типа — объекты отдельных

металлов или рудных формаций, объекты ранжированные по количеству запасов или размерам (крупные, средние, мелкие месторождения, рудопроявления и т.п.).

При разработке метода авторы исходили из моделей формирования рудных объектов. В зависимости от их типа возможны две модификации метода: линейная и нелинейная экстраполяция плотности.

Метод линейной экстраполяции плотности. В этом варианте метода предполагается, что рудные объекты j -го типа последовательно формировались в разных точках (участках) площади распространения геологического признака i , при этом вероятность нахождения очередного объекта в той или иной точке была одинаковой для всех точек площади распространения геологического признака i . Из этой модели следует, что геологический признак i однороден и плотность размещения рудных объектов j -го типа постоянна в пределах всей области его распространения или ее вариации незначительны и ими можно пренебречь. Плотность размещения рудных объектов, т.е. число объектов, приходящееся на единицу площади, — величина случайная. Поэтому ее постоянство следует использовать при проверке статистических гипотез. При выполнении этого условия плотность размещения рудных объектов j -го типа в пределах распространения признака i можно аппроксимировать плоскостью. Поэтому данная модель названа линейной.

Кроме условий линейной модели, авторы исходили из следующих положений: 1) геологический признак i информативен для рудных объек-

тов j -го типа; 2) область распространения геологического признака i подразделяется на площади с разной степенью изученности. Сформулированные исходные условия (включая условия модели) определяют область применения метода линейной экстраполяции плотности.

Для проверки выполнения первого исходного условия используются методы исследования пространственной связи между геологическими и рудными объектами. Нами применяется метод плотностей размещения [7], в котором вычисляется оценка коэффициента пространственной связи по формуле

$$C_{ij} = \frac{P_{ij} - P_{(i)j}}{P_{ij} + P_{(i)j}}, \quad -1 \leq C_{ij} \leq 1, \quad (1)$$

где P_{ij} — плотность размещения рудных объектов j -го типа на площади распространения геологического признака i , равная $P_{ij} = \frac{n_{ij}}{S_i}$ (n_{ij} —

количество известных рудных объектов j -го типа на площади распространения геологического признака i ; S_i — площадь распространения геологического признака i); $P_{(i)j}$ — плотность размещения рудных объектов j -го типа за пределами площади распространения геологического признака i (т.е. в той части территории, где отсутствует признак i), равная $P_{(i)j} = \frac{n_j - n_{ij}}{S - S_i}$

(n_j — число рудных объектов j -го типа на исследуемой территории; S — площадь всей территории).

Для определения существования или отсутствия пространственной связи проверяется статистическая гипотеза $H_0: C_{ij}=0$, при альтернативной $H_1: C_{ij} \neq 0$, по следующему критерию:

$$Z = \frac{n_{ij} \cdot S - n_j S_i}{\sqrt{n_j \cdot S_i (S - S_i)}}. \quad (2)$$

Величина Z при больших n_j распределена нормально с математическим ожиданием $\mu=0$ и дисперсией $\sigma^2=1$. При выборе двусторонних критических областей и 2%-ного уровня значимости гипотеза H_0 принимается, если $|Z| \leq 2,33$, и отклоняется, если $|Z| > 2,33$.

Рассмотрим второе исходное условие. Наиболее распространен случай, когда на рассматриваемой территории область распространения данного геологического признака на дневной поверхности состоит из нескольких изолирован-

ных площадей, которые далее названы участками. При этом детальность изучения участков различная (например, отдельные участки лучше опоскованы, обнажены или доступны). Возможен также случай, когда данный геологический признак распространен только в пределах одной изолированной площади, разные участки которой изучены с разной степенью детальности. Во всех этих случаях на менее изученных участках может быть не обнаружено (пропущено) больше рудных объектов, чем на более изученных. Суть метода сводится к тому, что плотность размещения рудных объектов (или любая другая величина, характеризующая рудоносность), определенная на лучше изученном, эталонном, участке экстраполируется на менее изученный. Если имеются теоретические геологические предпосылки, что в пределах распространения геологического признака i плотность размещения рудных объектов j -го типа приблизительно постоянная, то в качестве эталонного можно рассматривать участок с максимальной их плотностью. При этом предполагается, что на участке с максимальной плотностью число пропущенных объектов меньше, чем на других участках. Для получения надежной статистической оценки плотности размещения рудных объектов на выбранном эталонном участке должно быть достаточное количество рудных объектов j -го типа.

В случае когда эталонный участок невозможно выделить, экстраполируют среднюю плотность размещения рудных объектов, определенную для всей области распространения данного геологического признака. При этом надо иметь в виду следующее: поскольку, согласно второму исходному условию, территория включает участки, изученные с разной степенью детальности, при экстраполяции средней плотности получим заниженное прогнозное количество рудных объектов. Поэтому экстраполяция эталонной плотности более предпочтительна.

Ниже рассмотрим два варианта метода: линейная экстраполяция эталонной и средней плотности.

Алгоритм метода в варианте линейной экстраполяции эталонной плотности.

1. Выберем эталонный участок r в пределах исследуемой территории. Подсчитаем для него число n_{ijr} рудных объектов j -го типа, размещенных на площади распространения i -го геологического признака, а также площадь S_{ir} распространения геологического признака i .

2. Для эталонного участка r вычислим плотность P_{ijr} размещения рудных объектов j -го ти-

па на площади распространения геологического признака i :

$$P_{ijr} = \frac{n_{ijr}}{S_{ir}} \quad (3)$$

3. Прогнозируемое количество N_{ijk} рудных объектов j -го типа на k -ом участке распространения геологического признака i будет равно

$$N_{ijk} = P_{ijr} \cdot S_{ik} \quad (4)$$

где S_{ik} — площадь k -го участка.

4. Прогнозируемое количество N_{ij} рудных объектов j -го типа на всех участках распространения геологического признака i (исключая эталонный участок) будет равно

$$N_{ij} = P_{ijr} \cdot (S_i - S_{ir}), \quad (5)$$

где S_i — общая площадь распространения геологического признака i .

5. Определим вероятность того, что на k -ом участке будет обнаружено n рудных объектов. В условиях сформулированной выше линейной модели формирования рудных объектов возникновение очередного объекта в пределах k -го участка (или за его пределами) можно рассматривать как появление очередного события в серии независимых испытаний [2]. Поэтому число рудных объектов на k -ом участке будет распределяться по биномиальному закону $P_N(n)$ с параметрами q и N :

$$\begin{aligned} P_N(n) &= \frac{N!}{n!(N-n)!} q^n (1-q)^{N-n} = \\ &= \frac{(N-n+1) \dots (n-1)n}{n!} q^n (1-q)^{N-n}, \quad (6) \end{aligned}$$

где $N = N_{ij}$; q — вероятность того, что очередной рудный объект образуется именно на k -ом участке.

В условиях линейной модели формирования рудных объектов эта вероятность равна

$$q = \frac{S_{ik}}{S_i} \quad (7)$$

Алгоритм метода в варианте экстраполяции средней плотности.

1. Для всей рассматриваемой территории подсчитаем число n_{ij} рудных объектов j -го типа, размещенных на площади распространения геологического признака i , а также общую площадь S_i распространения геологического признака i .

2. Для всей территории вычислим среднюю плотность P_{ij} размещения рудных объектов j -го типа на площади распространения геологического признака i :

$$\overline{P}_{ij} = \frac{n_{ij}}{S_i} \quad (8)$$

3. Прогнозируемое количество N_{ijk} рудных объектов j -го типа на k -ом участке распространения геологического признака i будет равно

$$N_{ijk} = \overline{P}_{ij} \cdot S_{ik} \quad (9)$$

где S_{ik} — площадь k -го участка.

4. Вероятность обнаружения на k -ом участке n рудных объектов и в этом варианте вычисляется по формулам (6) и (7).

Метод нелинейной экстраполяции плотности. Рассмотрим случай, когда отсутствуют геологические предпосылки, допускающие постоянство плотности размещения рудных объектов j -го типа в области распространения геологического признака i (метод нелинейной экстраполяции плотности). Тогда можно пренебречь вариациями плотности и она аппроксимируется поверхностью с некоторой кривизной. Это соответствует нелинейной модели, когда вероятность формирования рудных объектов j -го типа в разных точках (участках) области распространения геологического признака i неодинакова, а положение очередного объекта зависит от того, в какой точке образовался предыдущий объект (схема зависимых испытаний). Условия информативности геологического признака i для рудных объектов j -го типа и изученности разной части территории с неодинаковой степенью детальности сохраняются и в этом случае. Алгоритм этого варианта метода сводится к следующему.

1. Разбиваем область G_i распространения геологического признака i на m подобластей G_{i1} , G_{i2} , ..., G_{im} с такими размерами, чтобы в каждой подобласти можно было статистически оценить плотность размещения рудных объектов j -го типа (на конфигурации подобластей ограничения не накладываются).

2. Вычисляем плотность размещения рудных объектов j -го типа в каждой подобласти G_{id} и относим вычисленное ее значение к определенному некоторым способом геометрическому центру соответствующей подобласти G_{id} .

3. Полученное числовое поле значений плотности аппроксимируем той или иной непрерывной трендовой поверхностью $F(x, y)$ (вид функции $F(x, y)$ подбирается исходя из ее соответствия числовому полю).

4. Для каждой подобласти G_{id} вычисляем прогнозируемое количество N_{ijd} рудных объектов j -го типа по формуле

$$N_{ijd} = S_{id} \cdot F_{id} \quad (10)$$

где S_{id} — площадь подобласти G_{id} , F_{id} — среднее значение функции $F(x, y)$ в подобласти G_{id} .

Вычисленное таким способом прогнозируемое количество рудных объектов N_{ijd} является наиболее вероятным в подобласти G_{id} . Случай нелинейной экстраполяции плотности — общий. Поэтому в отличие от линейной модели в этом случае условия модели недостаточны для вычисления распределения вероятностей числа прогнозируемых объектов.

Прогнозирование количества рудных объектов в Букантау методом экстраполяции плотности. Изложенный метод линейной экстраполяции плотности и реализующие его компьютерные программы системы «Геоанализ» с целью их апробации применены для выделения перспективных площадей и прогнозирования в них числа золоторудных объектов в горах Букантау в Центральных Кызылкумах.

Хребет Букантау в альпийской тектонической структуре представляет собой антиклинальное поднятие северо-западного направления. В осевой части структуры обнажается палеозойский фундамент, на крыльях — отложения мезокайнозойского осадочного чехла. Структуры палеозойского фундамента образуют сложное складчато-надвиговое сооружение, состоящее из пакета пологих пластин (покровов), разделенных плоскостями надвигов разных крутизны и направлений падения. Обобщая данные многих авторов, можно заключить, что формирование пакетов пластин с разновозрастным и разнофациальным набором геологических комплексов, образовавшихся в удаленных друг от друга районах палеоокеана, происходило в следующие периоды: в протерозое—раннем палеозое как аккреционные образования энсиматических островодужных субдукционных зон, с которыми связаны широко распространенный вулканизм и региональный метаморфизм этого периода; в девоне (?) и в конце раннего—начале среднего карбона как аккреционные чешуи субдукционных зон активной окраины андийского типа; в позднем карбоне—перми при коллизионном орогенезе, когда завершилось формирование шарьяжной структуры Южного Тянь-Шаня.

По С.С.Шульцу (мл.) [8], территория Букантау входит в Тамдынско-Алайскую зону, в которой выделяются так называемые тектонические единицы. В пределах Букантау присутствуют следующие из них: Мальгузар (островодужный комплекс), обнажающийся в тектонических ок-

нах Кокпатас, Окжетпес, Тасказган (океанические осадки, вулканы склонов островной дуги) в центральной и южной частях гор Букантау; Мурун (островодужный комплекс, карбонатные формации) в гряде Тубаберген-Ирлир в Северном Букантау; Чаувай (отложения склона островной дуги и океанического ложа) в ядерных частях крупных синформных складок.

По А.К.Бухарину и др. [3], на территории Букантау выделяются фрагменты Северобукантауско-Карачатырской и Южнобукантауской структурно-формационных зон. Строение мезозойского фундамента территории обусловлено тремя тектономагматическими циклами — байкальским (конец позднего рифея—венд), каледонским, герцинским и четырьмя стадиями — континентально-рифтовой, океанической, островодужной, континентальной (орогенной).

Северобукантауско-Карачатырская зона обнажается в северной части гор Букантау [3]. Она представлена Северобукантауской подзоной, сложенной породами аповулканогенной кумбулакской (PR?, 400–450 м, сланцы, амфиболиты и кварциты), тубабергенской (C₂, московский ярус, 1850 м, базальты, трахибазальты, андезиты, их туфы), архарской (C₂, московский ярус, 1850 м, алевролиты, песчаники, гравелиты и др.), тахтатауской (C₂₋₃, конгломераты, песчаники, алевролиты и др.) свит и бокалинского интрузивного комплекса (C₃, трондьемиты, тоналиты).

Южнобукантауская зона представляет собой автохтон с асимметричной антиформной структурой. Здесь тектонически совмещены два пакета пологих пластин — северный (узкий в плане) и южный, разделенные позднепалеозойским Аячинским субширотным сбросо-взбросом, сопровождаемым широкой зоной динамометаморфизма и метасоматоза. В строении Южнобукантауской зоны участвуют кокпатасская (R₂₋₃, 1500 м, кремни, доломиты, сланцы, метапесчаники, метаалевролиты, метабазальты и их туфы), чолчаратауская (PR?, 900 м, сланцы, метапесчаники, метаалевролиты, кварциты, доломиты), ходжа-ахматская (V?, >500 м, метапесчаники, метаалевролиты, сланцы, кремни), коксайская (V–C?, >1000 м, метапесчаники, метаалевролиты, сланцы, гравелиты, кремни), люпекская (O₂₋₃, 1000 м, песчаники, алевролиты, аргиллиты, гравелиты) свиты, а также алтынтауский (граниты, адамеллиты, гранодиориты, диориты), кокпатасский (граниты, гранодиориты, кварцевые монцодиориты), саритауский (адамеллиты, трондьемиты) интрузивные комплексы.

Наибольшая плотность размещения золото-рудных объектов наблюдается в породах чолчаратауской, кокпатасской и коксайской свит. Чолчаратауская свита (PR?) сложена альбит-хлоритовыми, альбит-эпидотовыми, альбит-амфиболовыми, пироксен-амфиболовыми, кварц-хлоритовыми, кварц-серицитовыми сланцами, метапесчаниками, метаалевролитами с прослоями кварцитов и мраморов. Общая мощность до 900 м. По данным Я.Б. Айсанова, основная часть зеленых сланцев чолчаратауской свиты образовалась в результате регионального метаморфизма за счет базальтов и андезитов, их туфов, туффитов. Основная часть вулканитов — базальты и андезитобазальты; андезиты и дациты имеют резко подчиненное распространение. По данным А.К. Бухарина и др. [3], среди вулканитов рассматриваемых свит отсутствуют базальтоиды океанического типа, они обнаруживают петрохимическое сходство с некоторыми типами базальтов платформ и толеитовыми базальтами континентальных рифтов.

Кокпатасская свита (R₂₋₃, 350 м) сложена кварцитами, графитисто-слюдистыми, кварц-графитистыми сланцами с линзами и прослоями доломитов, известняков и metabазальтов в нижней части разреза, доломитами и доломитистыми известняками с прослоями кремней в верхней.

Коксайская свита (V-Є?) подразделена на две подсвиты. Нижняя подсвита (мощность 300–500 м) представлена слюдисто-углистыми, углисто-кварц-слюдистыми, серицит-альбит-кварцевыми сланцами и рассланцованными олигомиктовыми алевролитами и редкими прослоями мелкозернистых песчаников, верхняя (200–300 м) состоит из разнозернистых песчаников, переслаивающихся с алевролитами и сланцами и реже разногальечными гравелитами.

Металлогенический облик гор Букантау определяется распространением месторождений и рудопроявлений золота, серебра, вольфрама и урана. Металлогеническое районирование гор Букантау и прилегающих территорий Центральных Кызылкумов рассмотрено в монографии [3]. В этой работе выделяются Букантауский рудный район и в его пределах две рудные зоны — Кокпатас-Окжетпеская и Алтынтауская и рудный узел — Турбайский. Кроме того, выделены Саутбайское, Сарытауское и Окжетпесское рудные поля.

Большинство месторождений и рудопроявлений расположено в Южнобукантауской зоне. Золотые и серебряные проявления этой зоны принадлежат в основном к золото-сульфидной,

золото-кварц-сульфидной, (золото)-серебро-кварцевой формациям. Золото-сульфидная формация приурочена к метавулканогенно-терригенным отложениям чолчаратауской свиты и почти не проявляется в терригенно-карбонатно-кремнистых образованиях кокпатасской и песчано-сланцевых породах ходжаахматской и коксайской свит. Неизвестна она и в девон-каменноугольных карбонатных отложениях. Промышленные концентрации золота сосредоточены в месторождениях и рудопроявлениях Кокпатасского рудного поля. Ведущий золотоносный минеральный тип руды пирит-арсенопиритовый. В нем золото фиксируется в виде дисперсной вкрапленности. В рудах почти повсеместно в небольших количествах присутствует шеелит.

Золото-кварц-сульфидная формация проявлена на рудопроявлениях Бозтауское, Джетысайское, Южно-Окжетпесское, Барханное и др. Большинство из них тяготеет к осадочно-вулканогенным метаморфическим образованиям чолчаратауской свиты. (Золото)-серебро-кварцевая формация представлена серебро-полисульфидно-сульфосольно-кварцевым минеральным типом. К ней относятся месторождение Окжетпес и рудопроявления Западный Турбай, Центральный Сарытау. Основные рудные минералы — пирит, сульфосоли, серебро, второстепенные — арсенопирит, пирротин, марказит, блеклая руда, шеелит и др.

Месторождения золото-сульфидной и золото-кварц-сульфидной формаций, по мнению авторов, являются полихронными и полигенными. Они образовались в протерозое и раннем палеозое как вулканогенные, связаны с метаморфизованными вулканогенными толщами, были метаморфизованы в силуре при региональном метаморфизме, регенерированы в процессе позднепалеозойского магматизма.

Для статистического металлогенического анализа и прогноза рудоносности гор Букантау использована база геолого-геофизических данных. Для создания последней собрана и компьютеризирована вся основная информация, полученная в результате геолого-съемочных, поисковых, геофизических и геохимических металлометрических работ, проводившихся в горах Букантау за последние 20 лет. База данных основана на ГИС-технологии, которая наиболее адекватна для геологических приложений ввиду ее строгого соответствия геодезическим стандартам и возможности строгой привязки к любой системе координат. Ранее была разработана методика создания цифровых геологических карт [5] и на

ее основе создана компьютерная база картографической информации, которая включает: 1) базу геологических данных (пять геологических и структурных карт); 2) базу геохимических данных (четыре литогеохимических карты и карты геохимических аномалий); 3) базу геофизических данных (шесть геофизических карт); 4) карту рудной нагрузки и банк данных по эндогенным месторождениям и рудопроявлениям гор Букантау, который состоит из 62 пунктов (адресная привязка, рудно-формационная принадлежность, масштаб объекта, профилирующие полезные ископаемые, стадия ГРП, геологоструктурная позиция объекта, разрывные структуры, морфология и количество рудных тел, средние содержания элементов, источник информации, экспертное заключение по объекту и т.д.). Общий объем информации в компьютерных базах данных 24 958 Кбайт.

Для прогнозирования золоторудных объектов (месторождений и рудопроявлений золото-сульфидной и золото-кварц-сульфидной формаций) использованы Геологическая карта гор Букантау м-ба 1:50 000 и Векторная карта гор Букантау, представляющая собой синтез карт геологической, магнитной, гравитационной, геохимических аномалий золота и мышьяка.

Прогнозирование количества золоторудных объектов в Букантау по геологической карте м-ба 1:50 000 методом линейной экстраполяции эталонной плотности. Прогнозирование осуществлялось для восточной части гор Букантау. Схема геологического строения этой территории приведена на рис. 1. Для прогнозирования использованы информативные формации пород. Для некоторых информативных признаков не удалось выбрать статистически надежную эталонную площадь, и далее они не рассматривались.

Для прогнозирования выбраны два информативных геологических признака. Признак с кодом 49 — песчаники, алевролиты и сланцы верхней подсвиты коксайской свиты (V-С?). Для этих пород оценка коэффициента пространственной связи с золоторудными объектами значима и равна $C_{ij}=0,616$. Признак с кодом 54 — сланцы, алевролиты, песчаники и кварциты чолчаратауской свиты (PR?), оценка коэффициента пространственной связи также значима, $C_{ij}=0,820$. Ниже в качестве примера более подробно приведены результаты, полученные по признаку 49. Для остальных признаков из-за ограничения объема статьи результаты даны в обобщенном виде.

По признаку 49 в качестве эталонного участка выбрана площадь распространения пород верхней подсвиты коксайской свиты в районе Бошшахо (участок 119). Характеристики эталонного участка приведены в табл. 1. Экстраполируя плотность размещения золоторудных объектов на эталонном участке 119 на остальные площади распространения пород верхней подсвиты коксайской свиты, получим общее прогнозируемое количество золоторудных объектов в этих породах в Букантау (за исключением эталонного участка), равное 32 объектам. Из них шесть объектов известны.

По признаку 49 (породы верхней подсвиты коксайской свиты) и эталонному участку 119 выделено три наиболее перспективных участка (к перспективным отнесены участки, в которых с высокой вероятностью прогнозируются один и более новых рудных объектов) (рис. 2). Основные характеристики этих участков приведены в табл. 2. Вероятности обнаружения количества объектов на участках для наглядности изображены на рис. 3.

Участок 219. Площадь 19,7 км², здесь известно одно рудопроявление золота, наиболее вероятное прогнозируемое количество рудных объектов — 3. С вероятностью 0,85 (85%) на участке ожидается от 1 до 5 золоторудных объектов.

Участок 225. Площадь 73,2 км², наиболее вероятное прогнозируемое количество рудных объектов — 12, из них сейчас известно всего одно рудопроявление. С вероятностью 0,83 (83%) на участке ожидается от 9 до 16 золоторудных объектов.

Участок 281. Площадь 10,3 км², здесь не известно ни одного золоторудного объекта, наиболее вероятное прогнозируемое количество рудных объектов — 1. С вероятностью 0,73 на участке ожидается от 1 до 3 золоторудных объектов.

Таким образом, по информативному признаку 49 и эталонному участку 119 на четырех перспективных участках прогнозируются всего 14 новых рудных объектов (кроме двух уже известных).

Для площадей распространения информативного признака 54 — пород чолчаратауской свиты (за исключением площади эталонного участка) — прогнозируются всего 72 золоторудных объекта, из них 18 уже известны. По признаку 54 выделено пять наиболее перспективных площадей, на которых прогнозируются девять новых рудных объектов (кроме одного известного).

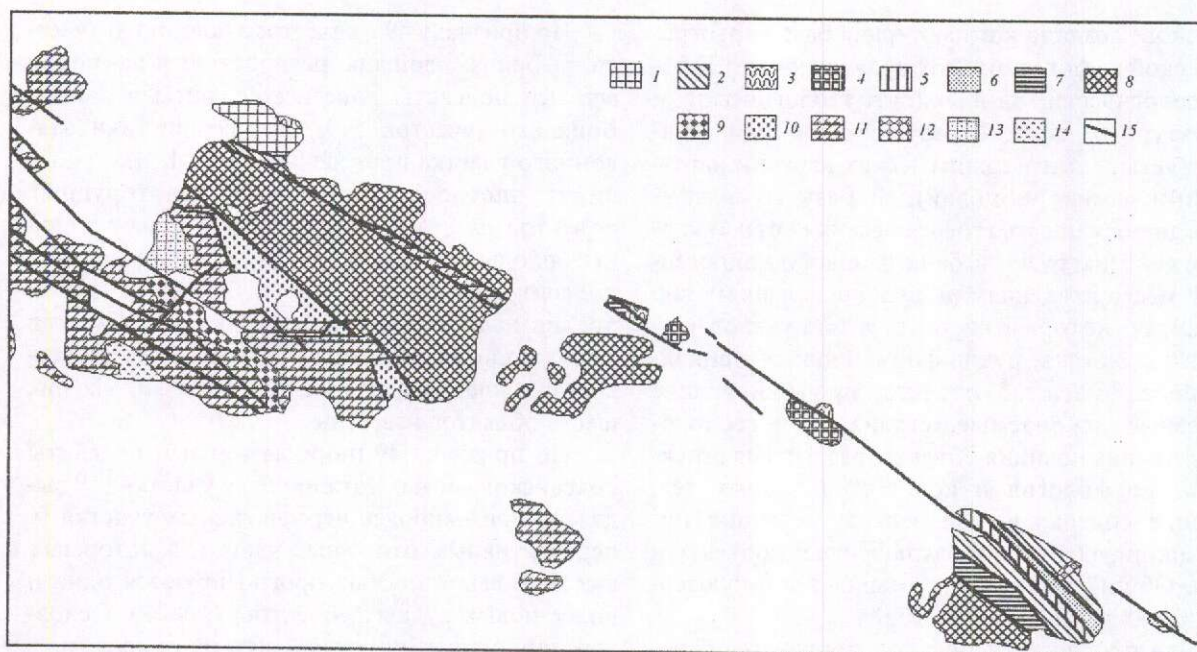


Рис. 1. Схема геологического строения восточной части гор Букантау, составлена с использованием Геологической карты Узбекистана м-ба 1:500 000 под ред. Т.Ш.Шаякубова, 1998:

свиты: 1 — тахтатауская и ащибулакская C_{2-3} — конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки, 2 — тубабергенская C_{2ib} — базальты, лейкобазальты, трахибазальты, андезитобазальты, их туфы, редко риолиты, яшмовые кремни, известняки, 3 — огузтауская D_3-C_1 — доломиты, известняки, 4 — тащибулакская D_1-C_1 — известняки, доломиты, аргиллиты, алевролиты, бокситоносные породы, 5 — ирлирская и джетымтауская D_{1-2} — доломиты, известняки, прослои кремней аргиллитов и алевролитов, 6 — байменская S_{1bm} — песчаники, алевролиты, гравелиты, сланцы, кремнисто-глинистые, 7 — липекская O_{2-3lp} — песчаники, алевролиты, аргиллиты, гравелиты, 8 — коксайская $V-C_{ks}$ — метапесчаники, метаалевролиты, сланцы кварц-серпичитовые, углисто-кварц-серпичитовые, хлорит-серпичит-кремнистые, гравелиты, кремни, 9 — чолчаратауская PR_{C1} — сланцы альбит-хлоритовые, альбит-эпидотовые, альбит-амфиболовые, кварц-серпичитовые, кварц-хлоритовые, метапесчаники, метаалевролиты, микрокварциты, доломиты, 10 — ходжаматская $V_{hd}^?$ — метапесчаники, метаалевролиты, сланцы кварц-серпичитовые, углисто-кварц-серпичитовые, кремни, 11 — кокпатасская R_{2-3kr} — микрокварциты, кремни, доломиты, сланцы углисто-кварц-серпичитовые, хлорит-кварц-серпичитовые, метапесчаники, метаалевролиты, metabазальты и их туфы; комплексы: 12 — букантауский интрузивный σC_{2b} — серпентиниты апоперидотитовые, габбро амфиболовые, плагиограниты, 13 — сарытауский интрузивный $\gamma\delta P_{1s}$ — адаметлиты и трондьемиты порфировидные, 14 — саутбайский интрузивный $q\delta P_{1sb}$ — кварцевые сиениты, граносиениты, монцодиориты, габбромонциты, шонкиниты и шонкинит-порфиры; 15 — разрывные нарушения

Прогнозирование количества золоторудных объектов в Букантау по векторной карте методом линейной экстраполяции эталонной плотности. Для прогнозирования использованы информативные векторные признаки (информативные комбинации геофизических и геохимических признаков). Для некоторых информативных векторов не удалось выбрать статистически надежную эталонную площадь. Эти векторные признаки не рассматривались.

Векторный признак с кодом 4 со следующими составляющими: {Коксайская и ходжаахматская свиты $PR-PZ_1$, магнитное поле от -25 до 0 нТл, гравитационное поле -5 до 10 мгал, геохимическое поле золота $<0,001$ г/т, геохимическое поле мышьяка $<0,01\%$ }.

Векторный признак с кодом 19 со следующими составляющими: {Кокпатасская свита ($PR?$), магнитное поле от -50 до -25 нТл, гравитационное поле -10 до -5 мгал, геохимическое поле золота $<0,001$ г/т, геохимическое поле мышьяка $<0,01\%$ }.

По векторному признаку 4 в качестве эталона взят участок 368 в районе Джускудука. Экстраполируя плотность размещения золоторудных объектов на участке 368 на остальные площади распространения этого признака, получим общее прогнозируемое количество золоторудных объектов, связанных с векторным признаком, в Букантау (за исключением эталонного участка), равное восьми объектам. Из них один рудный объект известен. Выделено два перспективных участка, на которых прогнозируются три объекта.

1. Характеристики эталонного участка 119 для прогноза числа рудных объектов Букантау на участках, сложенных породами верхней подсвиты коксайской свиты, по геологической карте м-ба 1:50 000 методом экстраполяции эталонной плотности

Информативный признак (код, название)	Координаты границ участков		Площадь участка, км ²	Число известных рудных объектов	Плотность размещения рудных объектов*	Коэффициент пространственной связи
	Ординаты	Абсциссы				
49. Коксайская свита. Верхняя подсвита. Метаморфизированные филлитовидные сланцы	108-151	113-122	41,2	7	170	0,616

* Здесь и далее плотность размещения рудных объектов равна числу объектов, приходящихся на 1000 км².

2. Прогноз числа рудных объектов Букантау на участках, сложенных породами верхней подсвиты коксайской свиты, по геологической карте м-ба 1:50 000 методом экстраполяции эталонной плотности

Информативный признак (код, название)	Номер участка	Координаты границ площади		Площадь, км ²	Число известных рудных объектов	Количество прогнозных рудных объектов (верхние цифры) и вероятность обнаружения данного количества рудных объектов на соответствующем участке (нижние цифры)											
		Ординаты	Абсциссы			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1-5
49. Коксайская свита. Верхняя подсвита. Метаморфизированные филлитовидные сланцы	219	212-228	67-74	19,7	1	0,0298	0,1096	0,1963	0,2282	0,1935	0,1276	0,0682	0,0303	0,0114	0,0037	0,0010	0,8552
То же	225	217-256	54-66	73,2	1				0,0003	0,0012	0,0039	0,0104	0,0231	0,0435	0,0704	0,0994	
«	281	325-335	15-22	10,3	0		0,1234	0,1355	0,1324	0,1157	0,0907	0,0641	0,0408	0,0235	0,0122	0,0057	0,8316
«	313	353-355	38-51	10,5	0	0,1658	0,3049	0,2732	0,1589	0,0674	0,0222	0,0059	0,0013	0,0002			0,7370
						0,1600	0,3002	0,2744	0,1628	0,0705	0,0237	0,0065	0,0015	0,0003			0,7375
						0,3352	0,3686	0,2004	0,0719	0,0191	0,0040	0,0007	0,0001				0,6409

Примечание. Жирным шрифтом выделены наиболее вероятные значения.

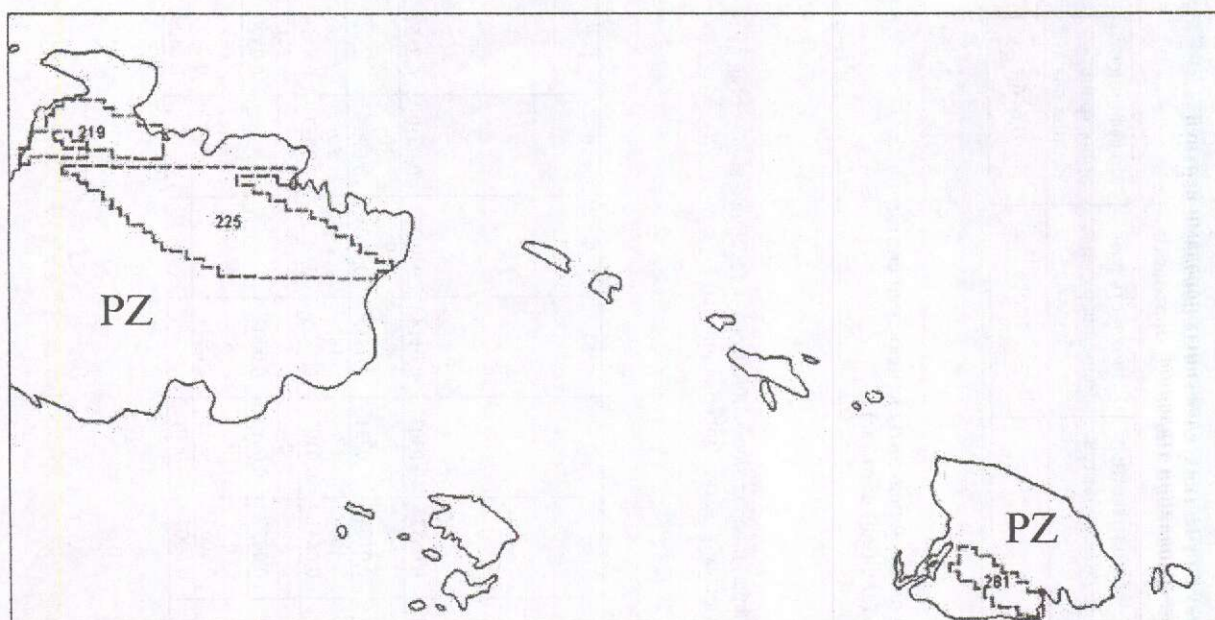


Рис. 2. Схема расположения перспективных на золото участков в восточной части гор Букантау, выделенных по геологической карте м-ба 1:50 000 методом экстраполяции эталонной плотности:

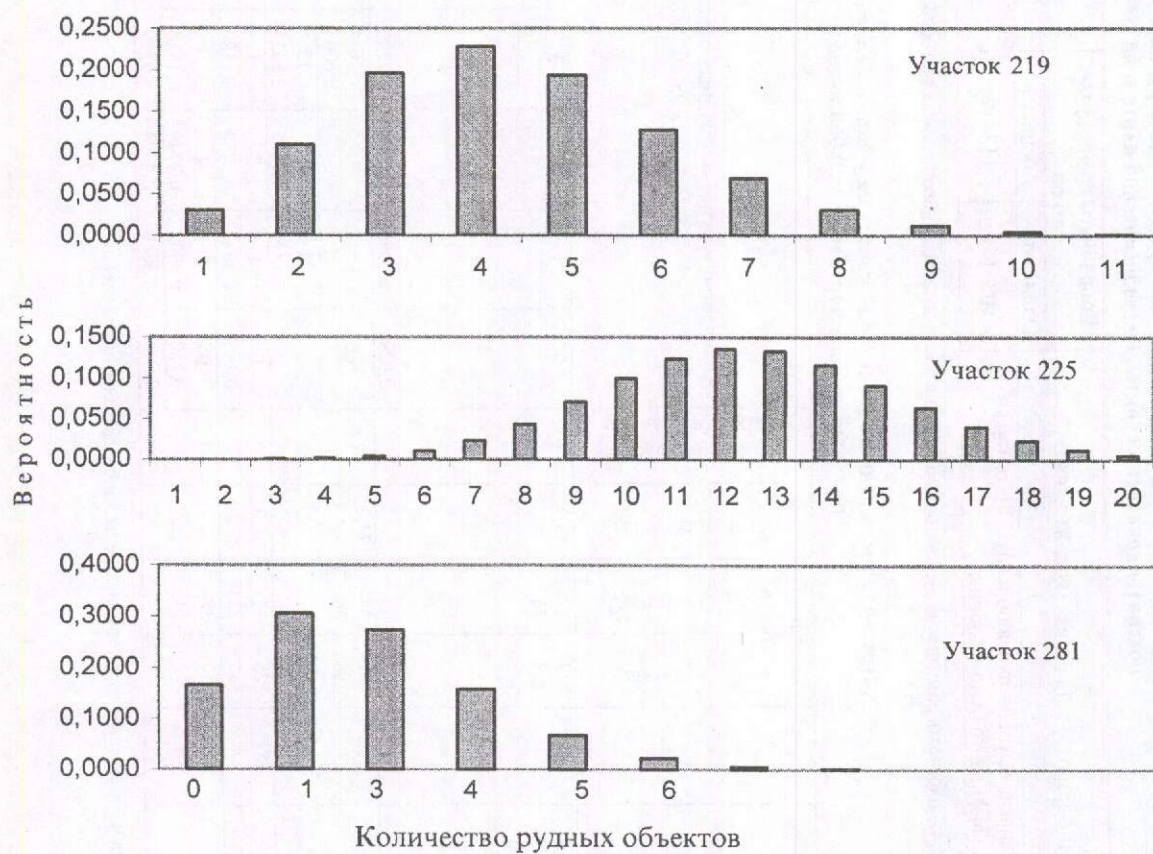


Рис. 3. Распределение вероятностей для прогнозируемых количеств золоторудных объектов в выделенных перспективных участках в восточной части гор Букантау

По векторному признаку 19 в качестве эталона взят участок 424 в районе Каскыртау. Для площадей распространения этого признака (за исключением площади эталонного участка) прогнозируются пять золоторудных объектов. Выделено три наиболее перспективных участка, на которых прогнозируются четыре рудных объекта.

Сопоставление перспективных площадей, выделенных в горах Букантау предлагаемым методом экстраполяции плотности размещения рудных объектов и другими методами, показало достаточно хорошее соответствие полученных результатов. Преимуществом предлагаемого метода является возможность оценки числа ожидаемых объектов на перспективных площадях и их вероятности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаец А.Н., Дуденко Л.Н. Математические методы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. – Л.: Недра, 1976.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука.
3. Золоторудное месторождение Мурунтау. – Ташкент: Фан, 1998.
4. Маринова С.Т., Акабиров А.М., Юлдашев О.А. Геоинформационные технологии при прогнозировании и оценке золоторудных объектов в Западном Узбекистане // Золоторудные месторождения Узбекистана: геология и промышленные типы. Ташкент, 1998. С. 135–138.
5. Маринова С.Т., Акабиров А.М., Юлдашев О.А. К методике исследования перспективности территорий и создания цифровых прогнозных карт // Докл. научной конференции «Состояние и проблемы локального прогнозирования рудных месторождений». Ташкент, 1999. С. 130–132.
6. Математические методы решения задач моделирования и прогнозирования в геологии. – Алма-Ата: КАЗИМС, 1994.
7. Усманов Ф.А. Математические методы в региональной геологии и металлогении. – Ташкент: Фан, 1984.
8. Шульц С.С. (мл.), Эргашев Ш.Э., Гвоздев В.А. Геодинамические реконструкции. – Л.: Недра, 1991.

АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 669.4

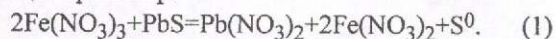
© Коллектив авторов, 2003

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ВСКРЫТИЕ СУЛЬФИДА СВИНЦА В СИСТЕМЕ $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3-\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{O}]$

А.Г.Холмогоров, Г.Л.Пашков, Ю.Л.Михлин, Е.В.Михлина, Л.В.Шашина,
Г.В.Колесниченко (Институт химии и химической технологии СО РАН)

Исследовано вскрытие PbS в растворах азотнокислого $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (содержание HNO_3 5 г/л) при комнатной температуре без нагрева суспензии. Вскрытие PbS в растворах HNO_3 (0,3–1,5 М) возможно только при температуре более 70°C. Степень извлечения свинца из свинцового концентрата зависит от теоретически необходимого количества ионов $\text{Fe}(\text{III})$ на растворение $\text{PbS}+2\text{Fe}(\text{III})>\text{Pb}^{2+}+2\text{Fe}(\text{II})+\text{S}^0$.

Гидрометаллургическое вскрытие PbS является альтернативным пирометаллургическому процессу производства свинца из сульфидных, свинцовых концентратов [1–4]. В промышленной практике производство различного состава солей и химических соединений основано на использовании металлического свинца. Исходя из физико-химических свойств материалов, в которых использованы свинецсодержащие соединения, последние можно изготовить по гидрометаллургической технологии из PbS свинцового концентрата [4, 5]. Для этого отрабатывается процесс окисления сульфида свинца в водных растворах азотнокислого $\text{Fe}(\text{III})$ с переводом свинца в раствор:



Теоретические основы процесса изложены в работах [6, 7].

Ниже приведены результаты выщелачивания свинца из флотационного свинцового концентрата в солевой системе $[\text{Fe}^{3+}-\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{O}]$, где концентрация $\text{HNO}_3 \approx 5$ г/л (const — исходная).

Методика эксперимента. При исследованиях использован свинцовый сульфидный концентрат с содержанием Pb 59,2%. Процесс растворения проводился в термостатированной стеклянной ячейке емкостью 150 мл. Температура поддерживалась термостатом УТ-4. Суспензия перемешивалась магнитной мешалкой. Концентрация свинца в растворе определялась комплексо-

нометрическим титрованием и с помощью атомно-абсорбционного анализа. Навески исходного материала и нерастворимых остатков обрабатывались 20%-ным раствором ацетата аммония при температуре более 70°C, и в растворе определялась концентрация свинца с последующим расчетом его содержания в твердых продуктах. Рентгенографические данные нерастворимых остатков получены с применением дифрактометра ДРОН-3 ($\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$ — излучение с монохроматизацией дифрагированного луча).

Результаты и обсуждение. Азотнокислотное вскрытие сульфидных концентратов рассматривалось в работах [2, 7]. Влияние состава выщелачивающего раствора на степень извлечения свинца из PbS — один из факторов, обуславливающих эффективность гидрометаллургического процесса переработки свинецсодержащего сырья. В азотной кислоте PbS сульфидный концентрат окисляется только при температуре более 50°C (рис. 1, кривые 1, 2). Уровень концентрации HNO_3 0,3–1,5 М обеспечивает окисление сульфида не более 37–39% при 70–80°C ($\tau=40$ –60 мин). Снижение степени извлечения Pb в растворах 0,9–1,5 М HNO_3 при 90°C связано с образованием PbSO_4 , что определено рентгенографическими и химическими исследованиями нерастворимых остатков от выщелачивания. Существенно изменяется процесс растворения PbS в солевом растворе $\text{Fe}(\text{III})$ (по реакции 1) (кривые

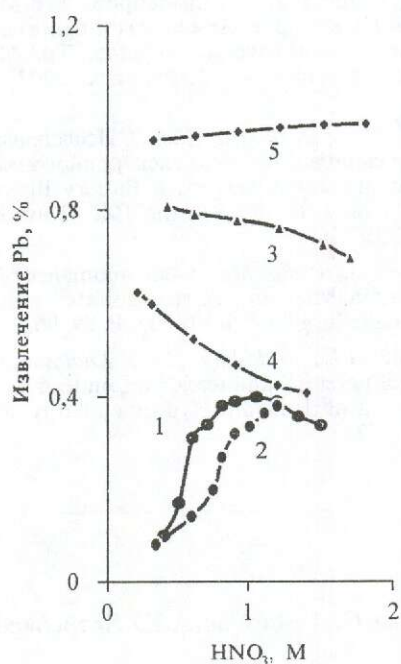


Рис. 1. Влияние концентрации HNO_3 на извлечение свинца:

при температурах 20 (3, 5), 70 (2, 4), 90 °С (1) в растворе HNO_3 (1, 2) и $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3-0,3 \text{ M}+\text{HNO}_3]$ (3, 4) и $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (5), Т:Ж=1:10, $\tau > 60$ мин

3, 5). Ход кривых снижения извлечения Pb в системе $[\text{Fe}(\text{III})-\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{O}]$ при концентрации $\text{HNO}_3 > 0,5 \text{ M}$ (кривые 3, 4) подтверждает протекание процесса окисления PbS до PbSO_4 . В нерастворимом остатке зафиксировано образование PbSO_4 : в большем количестве при повышенной температуре (кривая 4), в меньшем — при $T \sim 20-22^\circ \text{C}$ (кривая 3). Ведение процесса вскрытия PbS в системе $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3-\text{H}_2\text{O}]$ более благоприятно в связи с тем, что образование PbSO_4 составляет незначительную величину (кривая 5). Процесс окисления PbS при концентрациях 1–10 г/л HNO_3 протекает по неокислительному механизму [3], выход PbSO_4 растет с повышением содержания HNO_3 . Кинетически процесс зависит от состава солевого раствора и температуры.

Расход $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ в процессе коррелируется с теоретически необходимым количеством (ТНК) на растворение PbS по реакции (1) (рис. 2). Проявляются две области протекания процесса: восходящий отрезок прямой близок к условиям, отражающим необходимое количество $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ для окисления PbS; с увеличением количества

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (после излома прямой) концентрация окислителя слабо влияет на процесс. Такой расход Fe^{3+} -иона доказывает, что окислителем PbS в нитратной системе служат ферри-ионы. Редокс-пара $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ обладает большим током обмена, поэтому быстрое восстановление ионов Fe(III) на поверхности сульфида ускоряет сопряженное анодное растворение PbS. Образование кислородсодержащих соединений серы на поверхности PbS незначительно, но оно возрастает при температурах 70–90 °С (см. рис. 1, кривые 3, 4).

Для полного извлечения свинца необходим доступ реагента растворителя Fe(III) к каждой частице, содержащей PbS. Измельчение частиц концентрата до размера менее 50 мкм (по сравнению с 0,1–0,3 мм) увеличивает степень извлечения Pb до 96–99%. Экспериментальные данные выщелачивания свинца из навесок механически активированного концентрата подтверждают, что 99,3–99,6% Pb растворяется в $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3-\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{O}]$ за 5–7 мин и не требуется нагрев суспензии более 15–25 °С (комнатная температура), концентрация HNO_3 5–10 г/л.

Итак, изучен процесс низкотемпературного вскрытия PbS в $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3-\text{HNO}_3-\text{H}_2\text{O}]$, позволяющий разработать гидрометаллургическую технологию производства свинца, его солей и химических соединений, исключив пирометаллургический процесс.

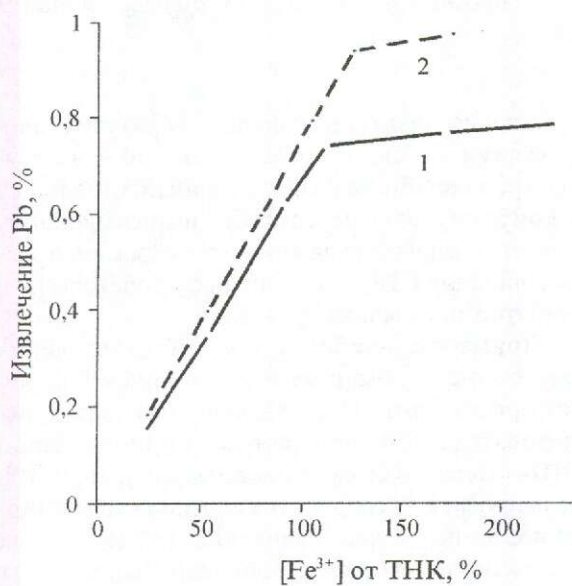


Рис. 2. Зависимость степени извлечения свинца из концентрата в раствор от ТНК расхода Fe(III) при крупности частиц 0,1 мм (1) и менее 50 мкм (2)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 681107 с.22В 3/00.3.1979. Способ окисления соединений металлов / Ю.А.Козьмин, С.Г.Струнников и др. — Опубл. в Б.И., 1979. № 31.
2. Влияние концентрации азотной кислоты и температуры процесса на вскрытие свинцового концентрата / А.Г.Холмогоров, Е.В.Михлина, Г.Л.Пашков и др. // Журнал прикладной химии. 1998. Т. 71. С. 363–366.
3. Исследование растворимости нитрата свинца в водных растворах азотной кислоты и нитрата железа (III) / С.В.Останова, С.В.Дроздов, Г.Л.Пашков и др. // Журнал прикладной химии. 2001. Т. 74. Вып. 10. С. 1701–1703.
4. Сульфид свинца — источник получения гидрометаллургическим способом металлического свинца и его солей / А.Г.Холмогоров, Е.В.Михлина, Г.Л.Пашков и др. // Принципы и процессы создания неорганических материалов: Тр. Международного симпозиума. Хабаровск, 2002. С. 164–165.
5. Dai Z., Wang D., Zou J., Zhou J. Исследование карбоната свинца в качестве электродного материала свинцового аккумулятора // Battery Bimon. 1999. Vol. 29. № 4. P. 146–149 (по РЖ «Химия», 2000. P.00.07.19L207).
6. Lochman J., Pedlik M. Kinetic anomalies of dissolution sphalerite in ferric sulfate solution // Hydrometallurgy. 1995. Vol. 37. P. 89–96.
7. Pashkov G.L., Mikhlina E.V., Kholmogorov A.G. Effect of potential and ferric ions on lead sulfide dissolution in nitric acid // Hydrometallurgy. 63 (2002). P. 171–179.

УДК 669.337.122 (470)

© О.В.Кутуева, С.Н.Марков, А.Ю.Ястребков, 2003

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕДИ ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ ПРЕДУРАЛЬЯ

О.В.Кутуева (ВИМС МПР России), С.Н.Марков (ФГУП «Зеленогорскгеология» МПР России), А.Ю.Ястребков (ВИМС МПР России)

На примере месторождений медистых песчаников Предуралья показана возможность использования опыта геотехнологического опробования и оценки урановых руд при исследованиях других рудных месторождений.

Анализ практики добычи меди геотехнологическими методами показывает, что в настоящее время наиболее развиты кучный, отвальный и комбинированные способы выщелачивания. При этом способ скважинного подземного выщелачивания (ПВ) проходит исследовательскую и опытно-промышленную стадии.

Примером наиболее успешного изучения возможности добычи меди скважинным ПВ служит проект Санта Круз, являющийся частью исследовательской программы Горного бюро США «Передовые системы добычи» [5, 6, 9, 10]. Цель проекта — разработка способа скважинного подземного выщелачивания медноокисных руд с использованием сернокислотных рабочих растворов.

Объектом исследований было избрано месторождение Санта Круз (штат Аризона) с запасами медноокисных руд 1 млрд т при среднем со-

держании Cu 0,55%. Рудные минералы — хризолла и атакамит. Рудовмещающие породы — граниты и порфириды. Опытный полигон представлял собой две совмещенные пятискважинные ячейки, в центре каждой — закачная скважина, а по углам — откачные. Для передела продуктивных растворов был построен завод экстракции-электролиза (SX/EW) производственной мощностью 994 т/год катодной меди.

Постановке натуральных опытов с сернокислотными растворами предшествовали натурные испытания с индикаторами, в качестве которых использовались растворы NaCl и Br. Индикаторные натурные испытания дали положительные результаты: установлена хорошая взаимосвязь между закачными и откачными скважинами, фильтрация индикатора происходила по рудным интервалам с наивысшим содержанием меди.

В 1996 г. скважинным подземным выщелачиванием уже извлекали продуктивные растворы и к началу 1997 г. было налажено получение катодной меди по технологии SX/EW на опытном заводе. Подача рабочих растворов производилась в течение 22 месяцев. В ходе натурных испытаний скважинным подземным выщелачиванием извлечено 16 т меди. Проект Санта Круз, таким образом, может рассматриваться как прецедент подземного скважинного выщелачивания меди в трещинной среде в опытно-промышленном масштабе.

При оценке пригодности конкретных месторождений меди для отработки их скважинным подземным выщелачиванием можно использовать значительный опыт, накопленный в области геотехнологического опробования и оценки урановых руд. Применимость разведочного опыта урановой отрасли оценивалась при изучении возможности добычи меди способом скважинного ПВ. Исследования выполнялись ВИМСом при участии в программе Зеленогорской экспедиции ГРП-71.

Принципиальная возможность реализации открытого выщелачивания того или иного металла определяется, прежде всего, возможностью перевода его из руд в растворенную форму с помощью раствора реагента, а также наличием способов передела продуктивных растворов. Под открытым выщелачиванием понимают все известные способы нецехового выщелачивания, к которым относятся кучный, отвальный, блочный и подземный скважинный.

Возможность перевода полезного компонен-

та из руд в слабые растворы реагентов определяется вещественным составом руд. В медных рудах содержится большое количество минералов меди. По степени выщелачиваемости основных рудных минералов меди применительно к открытому выщелачиванию выделяют три типа руд: с преобладанием легковыщелачиваемых оксидов меди, с преобладанием умеренновыщелачиваемых вторичных сульфидов меди, с преобладанием трудновыщелачиваемых первичных сульфидов.

Реакции растворения основных минералов меди известны; их систематизация приведена в таблице. Так, малахит, брошантит, антлерит, атакамит, азурит, хризоколла и тенорит растворяются полностью и относительно быстро раствором серной кислоты. Для растворения вторичных сульфидов, таких как халькозин и ковеллин, а также полного растворения куприта и самородной меди в растворе серной кислоты требуется присутствие окислителя. В качестве такового применяют кислород или перекись водорода. Растворение первичных сульфидов, таких как халькопирит, борнит, энаргит, происходит в кислом растворе трехвалентного железа.

В зависимости от минерального состава медных руд используют растворы следующих реагентов: серной кислоты, серной кислоты с кислородом или перекисью водорода в качестве окислителя и серной кислоты с сульфатом окиси железа. В каждом конкретном случае необходимо лишь определить рецептуру рабочего раствора, т.е. оптимальное количество выщелачивающего реагента и, если необходимо, окислителя.

Реакции выщелачивания минералов меди по зонам минерализации, по J.B. Hiskey, 1986

Зона минерализации	Минерал	Реакция выщелачивания
Зона окисления (вторичная)	Малахит	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cu}^{2+} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
	Брошантит	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2 + 6\text{H}^+ \rightarrow 4\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$
	Антлерит	$\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$
	Атакамит	$3\text{CuO} \cdot \text{CuCl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ \rightarrow 4\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O}$
	Азурит	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 + 6\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
	Хризоколла	$\text{CuO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SiO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
	Куприт	$\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	Тенорит	$\text{CuO} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
Гипергенная зона обогащения (вторичная)	Халькозин	$\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{H}^+ + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{CuS} + \text{H}_2\text{O}$
	Ковеллин	$\text{CuS} + 2\text{H}^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{SO}_4$
	Самородная медь	$\text{Cu}^0 + 2\text{H}^+ + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
Гипогенная зона (первичная)	Халькопирит	$\text{CuFeS}_2 + 16\text{Fe}^{3+} + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 17\text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$
	Борнит	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4 + 36\text{Fe}^{3+} + 16\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5\text{Cu}^{2+} + 37\text{Fe}^{2+} + 4\text{SO}_4^{2-} + 32\text{H}^+$
	Энаргит	$\text{Cu}_3\text{AsS}_4 + 35\text{Fe}^{3+} + 20\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Cu}^{2+} + 35\text{Fe}^{2+} + \text{H}_3\text{AsO}_4 + 4\text{SO}_4^{2-} + 37\text{H}^+$
	Тетраэдрит	$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$
	Теннантит	$\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$
	Ковеллин	$\text{CuS} + 8\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 8\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+$

Передел продуктивных растворов. До недавнего времени основным способом извлечения меди из растворов был цементационный. Существенными недостатками цементационной схемы передела медьсодержащих растворов являются низкое качество получаемого продукта, высокие затраты на его обработку, большие расходы кислоты и стоимость лома.

К настоящему времени распространение получил способ извлечения меди с применением жидкостной экстракции с последующим электролизом (SX/EW) (рис. 1). Экстракция используется для концентрирования растворов перед электролизом меди. Широкая популярность данной технологии во многом обусловлена появлением эффективных экстрагентов, к которым относятся зарубежные марок Lix и Acooga, применяемые с конца 60-х годов, а также отечественные — АСАО-РТ и АБФ.

коррективы, связанные с физико-химической природой меди, минеральной формой ее нахождения в рудах и составом вмещающих пород (рис. 2).

Схема применима для медных залежей, оконтуренных по минимальному содержанию, обеспечивающему переход меди в раствор в минимальной промышленно практикуемой концентрации. Поскольку опыт скважинного подземного выщелачивания меди в промышленном масштабе отсутствует и минимальное содержание меди в рудах нам не известно, вопрос о последнем решается по литературным данным. Анализ литературы показал, что минимальное содержание меди в материале, перерабатываемом установками открытого, в основном отвального, выщелачивания 0,1–0,2% [4, 7, 8, 11]. Поэтому нас интересуют объекты с содержанием меди в рудах $\geq 0,2\%$, т.е. геотехнологическая

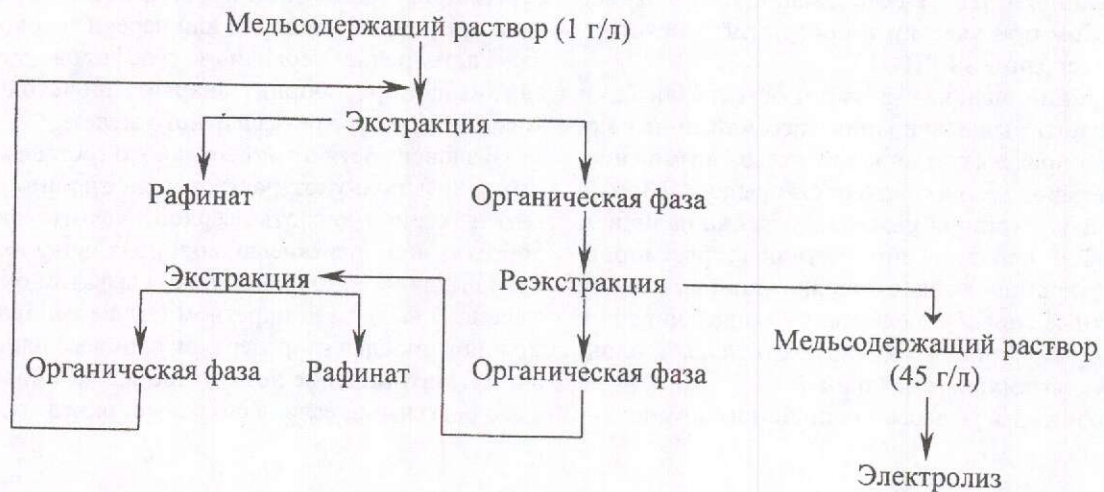


Рис. 1. Схема традиционного исполнения технологии экстракция-электролиз, по B. Townsend, K.J. Severs, 1990

Таким образом, известны растворители основных минералов меди из руд любого геотехнологического типа и способы передела продуктивных растворов.

Простейший вид оценки руд применительно к скважинному подземному выщелачиванию — геотехнологическая типизация рудовмещающего разреза по геолого-гидрогеологическим признакам и результатам лабораторных испытаний. Данный вид оценки медных руд осуществляется по схеме, аналогичной той, что применяется для оценки урановых руд. Схема, применяемая для геотехнологической типизации медных руд, содержит по отношению к урановой некоторые

типизация рудовмещающего разреза начинается при наличии в недрах залежи, оконтуренной по минимальному содержанию меди 0,2%.

Далее по схеме (см. рис. 2) определяют выщелачиваемость меди из руд с помощью простейших лабораторных испытаний в статическом варианте по методике, освоенной практикой урановой отрасли [1, 3]. Признаком выщелачиваемости служит степень извлечения более 50%, принятая по опыту скважинного подземного выщелачивания урана. В статических испытаниях используется серная кислота в концентрации 20–30 г/л, а при получении отрицательного результата — серная кислота в той же concentra-

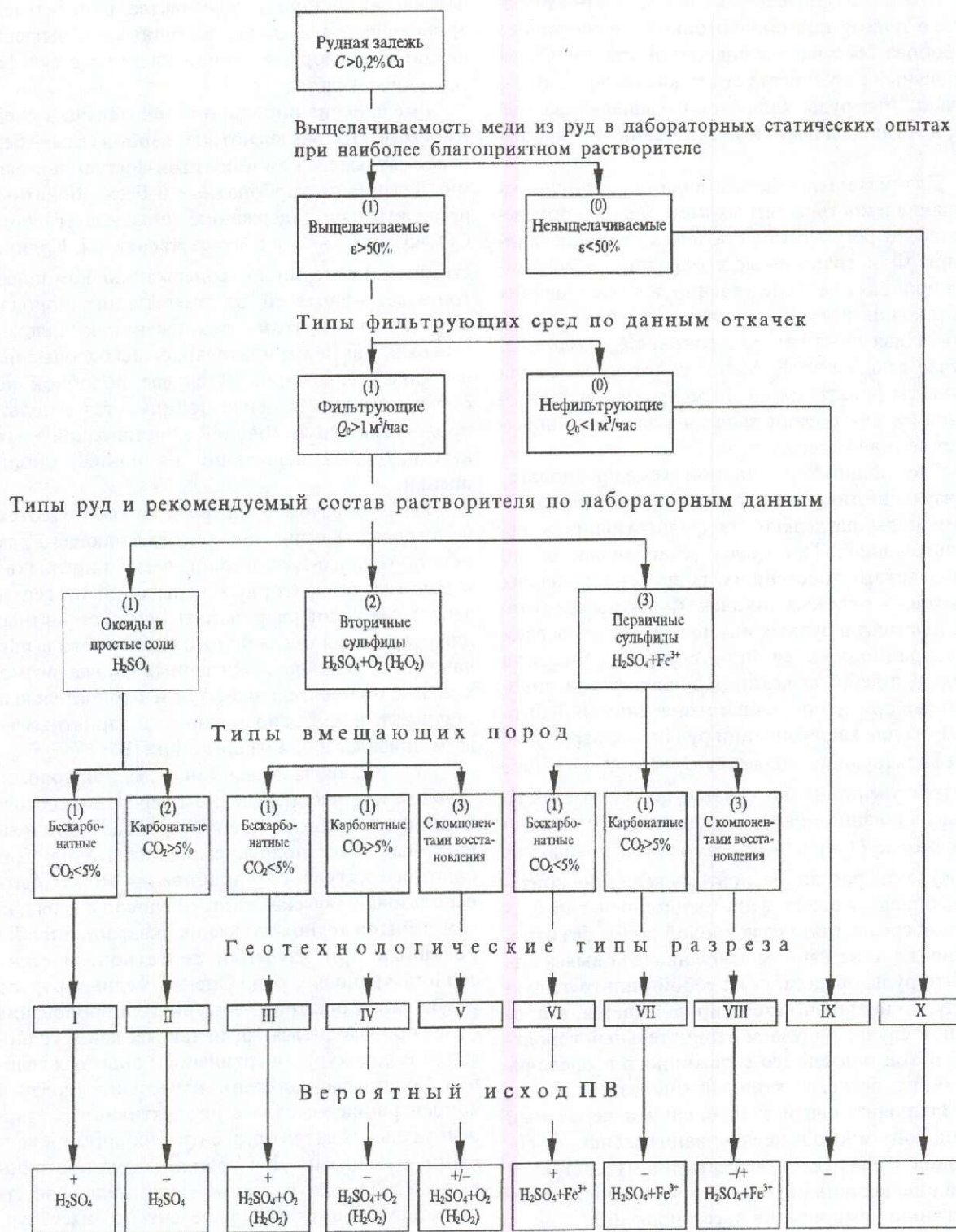


Рис. 2. Схема геотехнологической типизации медных руд по геолого-гидрогеологическим и лабораторным данным

ции с сульфатом окиси железа в концентрации 10–15 г/л. В сомнительных случаях вопрос решается в пользу постановки опытного натурального опробования в начале оценочной стадии. Отрицательный результат статических испытаний означает, что руды являются невыщелачиваемыми, и тогда дальнейшие исследования прекращают.

Для рассматриваемого вида оценки руд выщелачиваемость полезных компонентов определяется по результатам статического выщелачивания. Фильтрационные лабораторные испытания проводят непосредственно для обоснования постановки натуральных опытов на конкретных площадках опытных полигонов, т.е. позднее. В случае если на этой стадии работ имеются результаты фильтрационных опытов, то использование их для оценки выщелачиваемости повышает ее значимость.

Следующий этап в данной схеме предполагает изучение типа фильтрующей среды, по которому руды разделяют на фильтрующие и нефилтрующие. Тип среды устанавливается по результатам простейших гидрогеологических опытов — пробных откачек. Фильтры скважин располагают в рудных интервалах. Показателем фильтрационных свойств служит дебит или удельный дебит скважин. При эрлифтном водоподъеме ориентировочными значениями дебита откачки для квалификации руд на фильтрующие и нефилтрующие являются $Q_0 > 1$ и $Q_0 < 1$ м³/час соответственно. Опыт скважинного подземного выщелачивания урана показывает, что именно при дебите $Q_0 > 1$ м³/час возможна непрерывная циркуляция растворов, поэтому величина критерия, определяющего фильтрационный тип изучаемой среды, взята из урановой схемы без изменения. Если на данном этапе анализа выясняется, что руды представляют собой фильтрующую среду, то анализ по схеме продолжается, в противном случае получаем отрицательный вероятный исход подземного скважинного выщелачивания, т.е. бесперспективный тип разреза IX.

Заключительный этап оценки и вероятный исход подземного выщелачивания зависят от сочетания типа руд по вещественному составу и типа вмещающих пород по карбонатности и содержанию компонентов восстановления.

Как было показано, по вещественному составу медные руды применительно к открытому выщелачиванию делятся на три группы: 1) оксиды и простые соли, доступные для выщелачивания растворами серной кислоты; 2) вторичные сульфиды, выщелачивание которых возможно

растворами серной кислоты с кислородом или перекисью водорода в качестве окислителей; 3) первичные сульфиды, доступные для выщелачивания растворами серной кислоты с сульфатом окиси железа.

Вмещающие породы применительно к скважинному ПВ разделяют на карбонатные, бескарбонатные и с компонентами-восстановителями. Деление на карбонатные и бескарбонатные проводится по содержанию диоксида углерода $CO_2 > 5\%$ и $CO_2 < 5\%$ соответственно [2]. Количественные критерии по содержанию компонентов-восстановителей во вмещающих породах отсутствуют, поэтому возможен как положительный, так и отрицательный исход опытных натуральных испытаний. В случае подобной неопределенности решение принимается в пользу продолжения исследований с постановкой опытных натуральных испытаний на ранней стадии оценки.

Таким образом, в описываемой схеме геотехнологической типизации рудовмещающего разреза по геолого-гидрогеологическим признакам и данным лабораторных испытаний из десяти вероятных типов разреза пять неблагоприятных для реализации скважинного подземного выщелачивания, два неопределенных, когда возможен как положительный, так и отрицательный результат, и три однозначно благоприятных по всем признакам для реализации ПВ.

После анализа по данной схеме при положительном или неопределенном вероятном исходе подземного выщелачивания проводят опытные натурные геотехнологические испытания. Для опытного натурального опробования может быть использован двухскважинный способ с дебалансом дебитов технологических скважин, апробированный при изучении геотехнологических свойств урановых руд. Оценка медных руд по результатам опытного натурального опробования будет производиться тогда так же, как и урановых, т.е. совокупным сравнением опытных величин показателей степени извлечения, средней концентрации металла в продуктивном растворе и удельных затрат реагента с их нормированными значениями. Для урановых руд нормированные значения указанных показателей известны, а для медных они определены по литературным данным [2, 4, 11]. Положительным следует считать натуральный опыт в том случае, если полученные результаты удовлетворяют следующим условиям: $\epsilon > 50\%$, $C_{ср} \geq 400$ мг/л, $z \leq 10$ кг/кг*, где ϵ

* Для однокомпонентного серноокислотного растворителя.

— извлечение меди, $C_{\text{ср}}$ — средняя концентрация меди в продуктивных растворах, z — удельный расход растворителя. Минимальная концентрация меди в продуктивных растворах при этом 100 мг/л.

Для скважинного подземного выщелачивания пригоден известный тип месторождений медистых песчаников. Поэтому для исследований по программе Зеленогорской экспедиции были выбраны медистые песчаники уфимского и татарского ярусов верхней перми. Отработка этих руд традиционными горными способами оказалась невозможной из-за низких содержания меди.

Под разведочные работы бурением были избраны две площади: Каргалинская группа месторождений в Оренбургской области и Юговское рудное поле в Пермской области. Лабораторные испытания медных руд выполнялись по традиционной методике, применяемой в урановой отрасли [1, 3]. Объектом испытаний по ней являются представительные для участка, залежи, месторождения рудные пробы, составленные из частных керновых проб с нарушенной структурой. Минимальное количество рудного материала — 2,5–3 кг. Рудный материал пробы доводится растиранием до естественного размера песчаных зерен 0,05–1 мм.

Одно из рудных пересечений Юговского месторождения представляла проба ТТ-6-1 со следующим содержанием основных компонентов: Cu 2,55%, $\Sigma\text{PЗЭ}$ 0,005%, Sc 11 г/т, CO_2 1,8%. Столь высокое содержание меди в пробе объясняется наличием рудных прослоев с содержанием ее до 3%, однако в целом месторождение представлено 14 меднорудными горизонтами с бедными и убогими рудами.

Лабораторные испытания пробы начались с серии статических опытов с однокомпонентными серноокислотными растворами. Результаты опытов показали, что выщелачивание меди растворами подобного состава невозможно, так как даже при высокой концентрации кислоты (50 г/л) степень извлечения оставалась низкой (36%) и не достигала необходимого минимума.

Следующая серия испытаний пробы проводилась с растворами серной кислоты и перекисью водорода в качестве окислителя. В результате этих испытаний оказалось, что введение в выщелачивающий раствор окислителя существенно повышает степень извлечения меди, которая, тем не менее, остается на достаточно низком уровне. Наибольшее ее значение в опытах (51%)

достигнуто при использовании раствора серной кислоты концентрацией 30 г/л и перекиси водорода концентрацией 5 г/л.

На основании выполненных статических испытаний исследуемые руды отнесены к трудно-выщелачиваемому геотехнологическому типу. Это потребовало проведения опытов с серноокислотными растворами с сульфатом окиси железа. Третья серия статических экспериментов показала, что наиболее высокие значения степени извлечения меди (60–70%) достижимы при выщелачивании руды раствором серной кислоты в концентрации 20–30 г/л с сульфатом окиси железа в концентрации 10–15 г/л. Подобный состав растворов подтвердил первоначальное предположение о трудновыщелачиваемом типе руд Юговского месторождения.

После статических были выполнены фильтрационные испытания пробы с применением раствора серной кислоты концентрацией 30 г/л и сульфатом окиси железа в количестве 10 и 15 г/л. Проницаемость рудной пробы обеспечивалась смешением рудного материала с инертным песком в соотношении 1:1. Скорость фильтрации рабочего раствора составляла около 2 м/сут. Результаты фильтрационного опыта при концентрации серной кислоты 30 г/л с добавлением 15 г/л сульфата окиси железа следующие: $\epsilon_{\text{Cu}} \approx 70\%$, $C_{\text{max}} = 2,5$ г/л, $C_{\text{ср}} = 1,87$ г/л, Ж:Т до 10. Кроме меди в растворе фиксировались $\Sigma\text{PЗЭ}$ 15 мг/л, Sc 0,5–0,8 мг/л. Таким образом, результаты лабораторных испытаний пробы ТТ-6-1 положительные.

Для исследования руд Дмитровского участка Каргалинской группы месторождений медистых песчаников отобрана проба Т-6-1, анализ которой показал: Cu 2,06%, Ag 18 г/т, Sc 11 г/т, $\Sigma\text{PЗЭ}$ 50–200 г/т, в том числе Nd 34 г/т, CO_2 4,7%.

Рудная минерализация исследуемой пробы на 90% была представлена минералами зоны окисления — малахитом, брошантитом, атакамитом, азурином, хризоколлой, купритом и теноритом. Подобный вещественный состав руд предполагал возможность выщелачивания меди слабыми растворами серной кислоты.

Результаты статических испытаний рудной пробы показали, что наиболее полно (78–98%) медь извлекается раствором серной кислоты в концентрации 20–30 г/л при отношении Ж:Т до 10. При таком же отношении удельные затраты серной кислоты в пределах нормы ($z \leq 10$ кг/кг) при ее концентрации в растворе 30 г/л. Следовательно, оптимальная концентрация выщелачивающего реагента в растворе 30 г/л.

С учетом рекомендованного по результатам статических испытаний состава выщелачивающего раствора было проведено фильтрационное выщелачивание и получены следующие результаты: $\epsilon_{Cu} \approx 70\%$, $C_{cp} \approx 1$ г/л, $C_{max} = 5$ г/л, $z \approx 7$ кг/кг, Ж:Т=5.

Лабораторные испытания по выщелачиванию пробы Т-6-1 дали положительные результаты. Как и предполагалось, руда относится к легковыщелачиваемому типу, извлечение меди составляет $\approx 70\%$. Рекомендованная концентрация серной кислоты в рабочем растворе 30 г/л.

Сопоставление результатов фильтрационных испытаний проб Юговского рудного поля и Дмитровского участка Каргалинской группы месторождений (степени извлечения, отношений Ж:Т, удельных затрат реагента) показывает, что выщелачивание меди возможно из руд различного вещественного состава или геотехнологического типа путем подбора наиболее эффективного растворителя.

Положительные результаты лабораторных исследований руд Каргалинской и Юговской площадей дают основание для постановки опытных натурных испытаний. Однако руды Каргалинской площади залегают в зоне аэрации, и реализация скважинного подземного выщелачивания в подобных условиях невозможна. Для переработки руд рекомендуется метод кучного выщелачивания с добычей их открытым горным способом.

Участок предполагаемого опытного полигона Юговского месторождения характеризуется низким содержанием карбонатов во вмещающих породах. Рудный пласт приурочен к водоносному горизонту. Указанные условия являются благоприятными для извлечения меди из недр способом скважинного подземного выщелачивания.

Следовательно, на Юговской площади можно рекомендовать продолжение исследований и постановку опытных натурных испытаний для выявления реальных геотехнологических свойств медных руд и определения показателей процесса выщелачивания на месте залегания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Грабовников В.А.* Геотехнологические исследования при разведке металлов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1995.
2. *Методические рекомендации по выбору месторождений медных руд, пригодных для отработки способом кучного и подземного выщелачивания / А.А.Болтырева, Б.Д.Халезов, О.И.Корнилов, С.М.Жижин.* – Свердловск: Унипромедь, 1990.
3. *Самсонов Б.Г., Петров А.В., Кутуева О.В.* Методические рекомендации. Оптимальная схема геотехнологических исследований. – М., 1992.
4. *Юдыцкий А.П.* Опыт подземного выщелачивания медных руд // Мат-лы межреспубликанского семинара. М., 1962.
5. *Daniel L. Edelstein* Copper // US Geol. Survey. 1996.
6. *Daniel J. Millenacker* Research by US Bureau of Mines may lead to innovative and low-cost copper mining methods // J. In-situ mining. 1989. September. P. 56–58.
7. *Diri V., Ganguly P.K., Jacak R., Krajnak D.* Возможности реального внедрения выщелачивания на медном месторождении Смолник // Rudy. 1990. Вып. 38. № 9–10. С. 286–291.
8. *Hiskey J.B.* Technical innovations spur resurgence of copper solution mining // J. Mining Eng. 1986. November. P. 1036–1039.
9. *Raihl A.R.* Santa Cruz in situ copper mining project offers positive results // Amer. Mining Congr. J. 1991. 77. № 12. P. 9.
10. *The mineral industry of Arizona.* – Arizona, 1998.
11. *Townsend B., Severs K.J.* The solvent extraction of copper — a perspective // Mining Magazine. 1990. Januar. P. 26–36.

НОВОСТИ, ИНФОРМАЦИЯ

СЕМИНАР «ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ», Москва, ЦНИГРИ, 14 мая 2003 г.

В ЦНИГРИ в соответствии с поручением Госгеолслужбы России от 25.04.2003 г. № 359 14 мая был проведен семинар, в котором приняли участие более 150 представителей различных организаций, участвующих в выполнении и научно-методическом обеспечении ГРР, финансируемых за счет средств федерального бюджета, в том числе из ДГК федеральных округов — 6, ГУПР — 51, отраслевых НИИ — 85, ОАО, ООО, ЗАО — 9 человек.

На семинаре были обсуждены цели, задачи и итоги работ по научно-методическому обеспечению и сопровождению ГРР; состояние работ по переоценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов и разработке среднесрочных программ геологического изучения, воспроизводства и использования МСБ твердых полезных ископаемых. Кроме того, были определены некоторые негативные аспекты организации взаимодействия научно-исследовательских и производственных организаций и конкретные меры по их устранению.

На семинаре было отмечено, что научно-методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ на черные, цветные, редкие, благородные металлы, алмазы и неметаллы осуществляется по следующим направлениям:

обоснование приоритетных направлений геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые на территории Российской Федерации;

подготовка проектов Программ и Перечня объектов геологоразведочных работ МПР России по воспроизводству минерально-сырьевой базы за счет средств федерального бюджета»;

разработка совместно с производственными организациями геолого-технических заданий на текущий год по переходящим и конкурсным объектам геологоразведочных работ;

внедрение в производство прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ современ-

ных методов и технологий, включая проведение опытно-методических работ;

разработка методических рекомендаций по использованию высокоинформативных и эффективных геолого-поисковых методов и технологий и участие в их реализации на объектах ГРР;

научно-методическое руководство в обработке материалов, полученных в ходе работ на объектах; оценка эффективности и целесообразности использования запланированных видов и методов работ;

апробация и экспертиза результатов выполнения геологоразведочных работ и оценок прогнозных ресурсов, подготовка экспертных заключений, актов, протоколов и других материалов, отражающих состояние работ на объектах, экспертиза конкурсных предложений по новым объектам;

экспертиза программ лицензирования по регионам и субъектам Российской Федерации;

подготовка оперативных материалов для принятия управленческих решений.

Научно-методическое сопровождение осуществляется ФГУП ЦНИГРИ с привлечением профильных отраслевых НИИ (ИМГРЭ, ВИМС, ЦНИИгеолнеруд, ВНИИСИМС, ВИРГ-Рудгеофизика, НИИкосмоаэрогеологических методов), а также региональных геологических институтов (ВостСибНИИГГиМС, СНИИГГиМС, КНИИГГиМС, ЗабНИИ, ДВИМС) на подрядной основе.

На семинаре акцентировано внимание на том, что широкое участие отраслевых НИИ в геологоразведочном процессе может стать решающим фактором оптимизации прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ и резкого повышения их эффективности. Реализуемые на практике научно-методическое обеспечение и сопровождение ГРР представляют собой систему организационных мер и научно-методичес-

ких разработок, направленных на эффективное и ускоренное воспроизводство фонда недропользования, экспрессное внедрение прогрессивных технологий ГРР, разработанных в отраслевых НИИ, и служит основой для принятия оптимальных управленческих решений.

Участники семинара отметили, что, осуществляя научно-методическое обеспечение ГРР, отраслевая наука получила доступ к прямой картографической и аналитической информации, накапливаемой в ходе выполнения работ по объектам ГРР. Непосредственное участие ведущих специалистов отраслевых НИИ в проведении ГРР на объектах снижает остроту вопроса кадровой обеспеченности этих работ и информационного разрыва, возникшего в связи с притоком в геологоразведочное производство новых кадров.

Создание и реализация системы научно-методического обеспечения и сопровождения геологоразведочных работ внесли существенный вклад в выполнение планов ГРР за 2002 год:

по предварительным данным получены ожидаемые приросты ресурсного потенциала, превышающие намеченные показатели Федеральной целевой программы;

существенно усилена минерально-сырьевая направленность ГРР, выполняемых за счет средств федерального бюджета; в конкурсном отборе работ использована разработанная в отраслевых НИИ система оценки федеральных приоритетов, основанная на учете комплекса геологических, экономических и геополитических факторов;

резко сокращено число объектов ГРР. При этом обеспечена концентрация средств на наиболее перспективных и эффективных объектах, что позволяет в кратчайшие сроки проводить их оценку;

обеспечена активизация использования научно-технического потенциала научно-исследовательских организаций МПР России и внедре-

ния в производство ранее созданной научно-технической продукции. Разработаны и изданы Методические руководства по оценке прогнозных ресурсов, использованные для переоценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых по состоянию на 01.01.2003 г.

На качественно новом уровне подготовлены проекты Программы и Перечня объектов геологоразведочных работ МПР России на 2003 год.

Участники семинара согласились с тем, что дальнейшие работы по научно-методическому обеспечению ГРР должны включать:

создание информационных систем мониторинга Программ и объектов Госзаказа в головных НИИ;

необходимость адаптации ранее разработанных в отрасли прогнозно-поисковых комплексов к современным условиям недропользования;

разработку на этой основе требований к результатам и качеству ГРР и нормативных документов по определению единицы стоимости геологического задания для оптимизации затрат по выявлению перспективных площадей и оценке их прогнозных ресурсов.

Организаторы семинара продемонстрировали участникам ряд новейших методических разработок по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов, мелкомасштабные карты, отражающие состояние МСБ черных, редких, цветных и благородных металлов, алмазов и нерудных полезных ископаемых, некоторые методические приемы проведения геохимических, геофизических и космогеологических работ и интерпретацию их результатов.

Проведенный семинар, по мнению подавляющего большинства его участников, подтвердил высокую эффективность совместных работ НИИ и производственных организаций в рамках научно-методического обеспечения и сопровождения прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ.



