

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



1/2007

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.МИГАЧЕВ

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



УЧРЕДИТЕЛЬ

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

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

Москва ЦНИГРИ 2007

Редакция: Н.И.Назарова, Г.В.Вавилова
Компьютерный набор: Н.И.Назарова
Верстка и оригинал-макет: Т.В.Лукина

Сдано в набор 06.02.07 г.
Подписано в печать 05.02.07 г.
Тираж 400 экз.

Формат 30×42 1/2
Бумага листовая
Печать офсетная

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

© «Руды и металлы», 2007

125-летие Геологического комитета России	5	Russian GEOLKOM: 125 years
<i>Михайлов Б.К.</i> Итоги геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в 2006 г. и задачи на 2007 г.	6	<i>Mikhailov B.K.</i> Russian mineral exploration 2006: Sumup and tasks for 2007
Прикладная металлогения		Applied metallogeny
<i>Барышев А.Н.</i> Тектоника, геодинамика и металлогения Полярного Урала	24	<i>Baryshev A.N.</i> Polar Urals: Tectonics, geodynamics, and metallogeny
Строение рудных месторождений		Geology of ore deposits
<i>Вилор Н.В., Кажарская М.Г., Чупарина Е.В., Коткин В.В., Дейс С.Ю.</i> Распределение концентраций золота в месторождениях Бодайбинского рудного района	34	<i>Vilor N.V., Kazharskaya M.G., Chuparina E.V., Kotkin V.V., and Deis S.Yu.</i> Gold distribution in ore deposits of the Bodaibo district
<i>Припачкин П.В., Рундквист Т.В.</i> Геологическое строение и платиноносность восточной части Сопчинского пласта «330» (Мончегорский плутон, Кольский полуостров)	44	<i>Pripachkin P.V., Rundqvist T.V.</i> Geology and PGM potential of the 330 Sopchinsk layer, the Monchegorsk Pluton, Kola Peninsula
<i>Котельников М.И., Котельникова Н.М.</i> Закономерности распределения химических элементов и прогноз золотоносности Майско-Лебедской рудной зоны Горной Шории	51	<i>Kotel'nikov M.I., Kotel'nikova N.M.</i> Regularities in the chemical element distribution vs. gold potential of the Maisk-Lebedsk tract, Gornaya Shoriya
Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ		Techniques and methods of geological exploration
<i>В.Т.Дубинчук, Д.Х.Ким, Н.Н.Кривошеков, В.И.Кузьмин, Е.Г.Ожогина, А.А.Рогожин, Г.В.Седельникова, Е.Е.Савари</i> Использование комплекса минералого-аналитических методов при оценке эффективности биогидрометаллургической технологии переработки труднообогатимых золотосодержащих руд	60	<i>Dubinchuk V.T., Kim D.Kh., Krivoshchekov N.N., Kuz'min V.I., Ozhogina E.G., Rogozhin A.A., Sedel'nikova G.V., and Savari E.E.</i> Application of integrated mineralogical analytical methods in the efficacy estimation of the biohydrometallurgical refractory gold ore treatment
<i>Кошель Е.А., Крылова Г.С., Седельникова Г.В.</i> О технологии переработки руд из золотоносных кор выветривания	70	<i>Koshel E.A., Krylova G.S., Sedel'nikova G.V.</i> On the processing of the weathering profile gold ores

Новости, информация**News & Information***Кубанцев И.А.*

Зарубежные разработки в области извлечения золота и МПГ из руд

73

Kubantsev I.A.

Developments in the gold and PGM extraction abroad

Поздравляем с юбилеем**Our congratulations**

С.С.Варганяна, И.М.Витковского, В.А.Нарсеева, С.В.Яблокову

77

S.S.Vartanian, I.M.Vitkovsky, V.A.Narseyev, and S.V.Yablokova

Рецензии**Book reviews***В.А.Коваленкер*

О книге «Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем»

82

Kovalenker V.A.

«Anatomy and development of gold-bearing ore-forming systems» — A review

Памяти С.Т.Агеевой

84

In memory of S.T.Ageeva

125-летие Геологического комитета России

Первое государственное геологическое учреждение в России — Геолком — создано 31 января 1882 г. в Петербурге. В его задачи входило систематическое изучение геологического строения и минеральных богатств недр страны, составление общей геологической карты, а позднее и геологическая съемка отдельных горнопромышленных районов. После революции 1917 года деятельность Геолкома резко расширилась. В марте 1918 г. он был передан в ВСНХ, а с 1923 г. осуществлял организацию и регулирование всех геологических и геологоразведочных работ общегосударственного значения. Были созданы отделения Геолкома (Московское, Украинское, Сибирское, Уральское, Среднеазиатское, Северо-Кавказское) и бюро (например, Закавказское).

В целях обеспечения дальнейшего развития геологической службы в условиях начавшейся индустриализации страны в 1929–1930 гг. Геолком был реорганизован — его административные и плановые функции переданы созданному в Москве Главному геологоразведочному управлению (ГГРУ), а отделения преобразованы в районные геологоразведочные управления, на которые возлагалось производство геолого-съёмочных, поисковых и разведочных работ. Научно-исследовательские подразделения Геолкома в Ленинграде продолжали свою деятельность в качестве восьми отдельных отраслевых научных учреждений, которые в 1931 г. были вновь объединены (кроме Нефтяного института) в единый Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт (ЦНИГРИ), переименованный в 1939 г. во Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ). Нефтяной институт, переданный в 1930 г. в нефтяную промышленность, вырос впоследствии в один из крупнейших институтов страны — Всесоюзный геологоразведочный нефтяной институт (ВНИГРИ).

С организацией Геолкома связаны имена выдающихся русских ученых — Г.П.Гельмерсена, А.П.Карпинского, Ф.Н.Чернышева, а также И.В.Мушкетова и Ф.Б.Шмидта. Геолком проделал большую работу по изучению геологического строения многих районов страны (Донбасс, Криворожье, Урал, Кавказ, Сибирь и др.), а также по выявлению минерально-сырьевых ресурсов. Деятельность Геолкома во многом способствовала развитию отечественной геологической науки и созданию собственной научной школы геологов (К.И.Богданович, А.А.Борисяк, В.И.Вернадский, И.М.Губкин, Л.И.Лутугин, С.И.Миронов, Е.С.Федоров и др.). Многочисленные капитальные труды ученых-геологов получили мировое признание.

УДК 550.812.1:553.3/8

© Б.К.Михайлов, 2007

ИТОГИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ В 2006 г. И ЗАДАЧИ НА 2007 г.*

Б.К.Михайлов (Роснедра МПР России)

В 2006 г. геологоразведочные работы за счет средств федерального бюджета выполняются более чем на 40 видов твердых полезных ископаемых (ТПИ), 17 из которых относятся к стратегическим. Задачи воспроизводства минерально-сырьевой базы решались в 43 субъектах Российской Федерации на 304 объектах, в том числе на 96 новых (около 2 млрд. руб.). По сравнению с 2005 г. ассигнования федерального бюджета на геологоразведку по твердым полезным ископаемым увеличены на 65% и составили почти 5,4 млрд. руб. (рис. 1).

В структуре направлений работ (рис. 2) заметную роль играют опережающие и производственно-тематические исследования, позволяющие бо-

лее эффективно и рационально размещать объекты поисков. Приоритет отдан высоколиквидным (золото, серебро, платиноиды, алмазы, медь) и остродефицитным (хромовые, марганцевые руды, урановое сырье, некоторые виды неметаллов) видам сырья; на уровне необходимого присутствия остаются работы на уголь и редкие металлы; устойчиво растут ассигнования на большинство неметаллов.

Структура затрат по видам полезных ископаемых (рис. 3) соответствует стратегии «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья» и конъюнктуре участков недр на рынке лицензирования.

Среди федеральных округов приоритеты по объемам и направлениям геологоразведочных работ расставлены в соответствии с их минерагеническим потенциалом, инфраструктурой и традиционным профилем развития экономики. Лидируют Сибирь и Дальний Восток — 56,8% (64% в 2005 г.) с преобладанием доли работ на благородные металлы (более 80% средств на эти цели) и урановое сырье (75% средств на этот металл). Далее следуют Уральский и Приволжский округа (18,3%), концентрирующие усилия на цветных и черных металлах, золоторудных объектах и объектах дефицитных нерудных полезных ископаемых. В связи с развертыванием работ по развитию минерально-сырьевой базы северной части Урала за два года доля Уральского округа выросла с 8 до 14%.

Около 9% приходится на Северо-Западный, Южный и Центральный округа, вместе взятые, по столько же — на изучение минерагенического потенциала структур в Мировом океане и экстерриториальные исследования, направленные на минерагеническую и геолого-экономическую переоценку минерально-сырьевой базы страны.

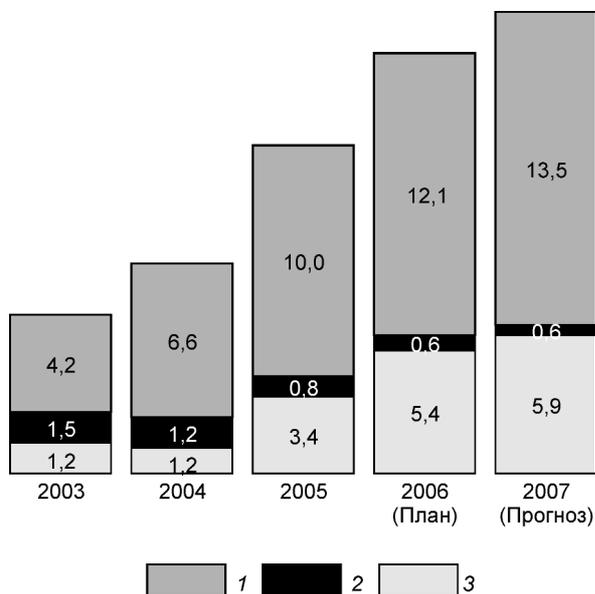


Рис. 1. Объем финансирования ГРР на твердые полезные ископаемые в 2003–2007 гг., млрд. руб.:

1 — средства недропользователей; 2 — бюджет субъектов РФ; 3 — федеральный бюджет

*Доклад на научно-техническом совете Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) 6 декабря 2006 г.

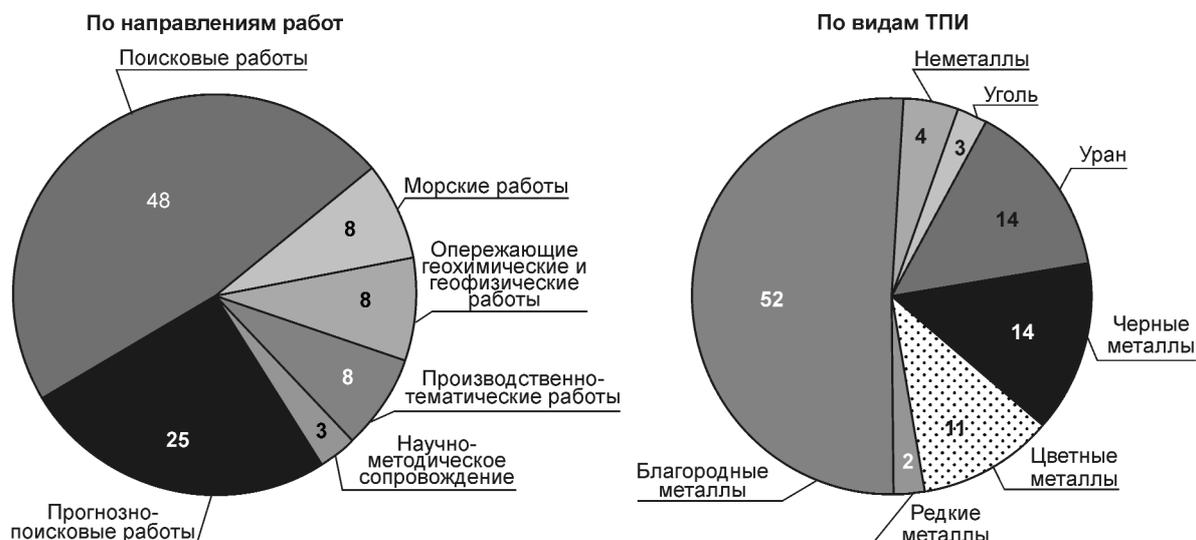


Рис. 2. Затраты на ГРП в 2006 г. по видам твердых полезных ископаемых и направлениям работ, %

Более половины всех средств сконцентрировано в пяти субъектах Российской Федерации: республиках Саха (Якутия) и Бурятия, Магаданской, Иркутской и Читинской областях. Особый интерес к минерально-сырьевым ресурсам этих территорий проявляет и крупный горный бизнес, что свидетельствует о их высокой инвестиционной привлекательности. Средства в количестве 22% распределены по объектам Красноярского края, Башкортостана, Ямало-Ненецкого АО, Свердловской и Кемеровской областей. Оставшиеся 27% приходится еще на 33 субъекта.

В сентябре–ноябре 2006 г. в Федеральном агентстве по недропользованию состоялось традиционное рассмотрение ожидаемых результатов геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, сгруппированные по федеральным округам, работам в Мировом океане и экстерриториальным исследованиям. На них с участием специалистов головных отраслевых институтов проанализированы данные по каждому из объектов госзаказа и дана оценка предложений по производству геологоразведочных работ на новых. В деталях итоги этих рассмотрений изложены в соответствующих документах. В настоящем обзоре остановимся лишь на некоторых наиболее значимых из полученных результатов. При этом считаем необходимым акцентировать внимание на созданных и создаваемых крупных минерально-сырьевых базах, которые могут стать не только горнорудными и металлургическими центрами, но и основой для экономического развития регионов России и решения геополитических и социальных задач.

Уголь. Несмотря на масштабность угольной базы страны, геологоразведочные работы на твердое топливо за счет средств федерального бюджета продолжают практически во всех федеральных округах, за исключением Центрального, и носят преимущественно социальную направленность, как, например, на Дальнем Востоке, в Ростовской области и Республике Коми (рис. 4).

В то же время, актуальной оставалась и проблема расширения сырьевой базы коксующихся углей особо ценных марок в Кемеровской области и на юге Якутии. Среди новых направлений — оценка сырьевых баз углей, пригодных для получения большого ассортимента продуктов их переработки — жидкого топлива, углеуглеводородных препаратов, горного воска, адсорбентов и др. — в таких регионах, как Магаданская область, Приморье, Хакасия, Южный Урал. На примере магаданских бурогольных месторождений разработаны социально эффективные проекты их комплексного освоения, благодаря чему зависимость Магаданской области от внешних поставок энергоносителей сократится до минимума.

Ожидаемый прирост запасов угля почти десятикратно превысит сложившийся в последние годы объем годовой добычи (около 260 млн. т) и составит около 2,5 млрд. т. Однако в подавляющей своей части он привязан к известным месторождениям, а вся новая информация будет получена только за счет средств федерального бюджета, и ожидаемый прирост здесь будет соответствовать объему годовой добычи по стране. Для лицензирования подготовлено три новых участка.

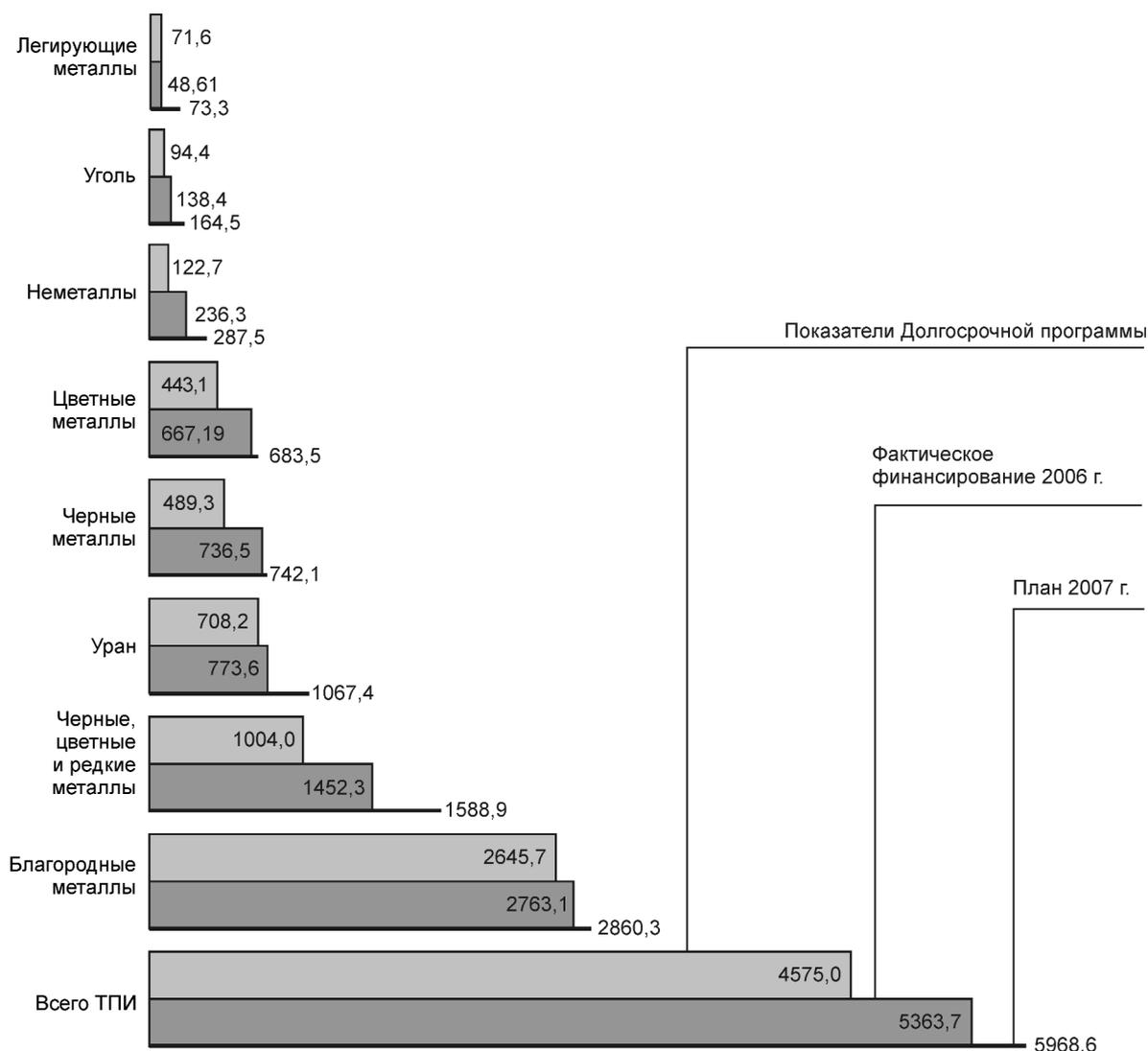


Рис. 3. Выполнение финансовых показателей ГПП 2006 г. за счет средств федерального бюджета, млн. руб.

Урановое сырье. Геологоразведочные работы на урановое сырье традиционно ведутся на объектах, пригодных для подземного выщелачивания и перспективных для выявления эндогенных месторождений под горную добычу (рис. 5). Несмотря на значительность вкладываемых государством средств, эффективность работ на уран по-прежнему остается низкой. Ожидается, что на гидрогенных объектах будет локализовано не более 80% плановых ресурсов. Поиски эндогенных объектов в Северо-Западном и Сибирском федеральных округах не привели к выявлению и обоснованию перспективных участков и, соответственно, прогнозных ресурсов, отвечающих промышленным требованиям. Такое развитие ситуации послужило основанием для принятия конкретных и экстренных мер по

оптимизации направления работ 2007 г. и их организации на реальной конкурентной основе.

Активность недропользователей на рынке уранового сырья оценивается как крайне низкая, прироста запасов по итогам года не ожидается.

Черные металлы. Несмотря на масштабность *железорудной базы* России, острый дефицит сырья в Южно-Сибирском и Южно-Уральском металлургических комплексах продолжает решаться за счет его ввоза с месторождений КМА и Казахстана. И только с 2006 г. для снижения зависимости от импорта начаты масштабные геологоразведочные работы на севере Урала в зоне намечаемого строительства железной дороги. Выполнены региональные геофизические, поисковые и поисково-оценочные работы, завершившиеся выявлением ряда



Рис. 4. Основные результаты ГРП на уголь в 2006 г.:

1 — энергетические угли (74,1 млн. руб.); 2 — коксующиеся угли (37,3 млн. руб.); 3 — многоцелевое использование (10,5 млн. руб.); объем финансирования по 23 объектам — 138,4 млн. руб.; подготовленный прирост запасов по категориям C_1 435,5 и C_2 572,3 млн. т; ожидаемый прирост прогнозных ресурсов по категориям P_1 648,3 и P_2 249,8 млн. т



Рис. 5. Основные результаты ГРП на уран в 2006 г.:

1 — объекты эндогенного типа (выполнение плана — P_1 0, P_2 30%); 2 — объекты гидрогенного типа (P_1 71, P_2 83%); объем финансирования по 29 объектам — 77,6 млн. руб.; прироста запасов не ожидается; ожидаемый прирост прогнозных ресурсов по категориям P_1 3,5, P_2 75 тыс. т

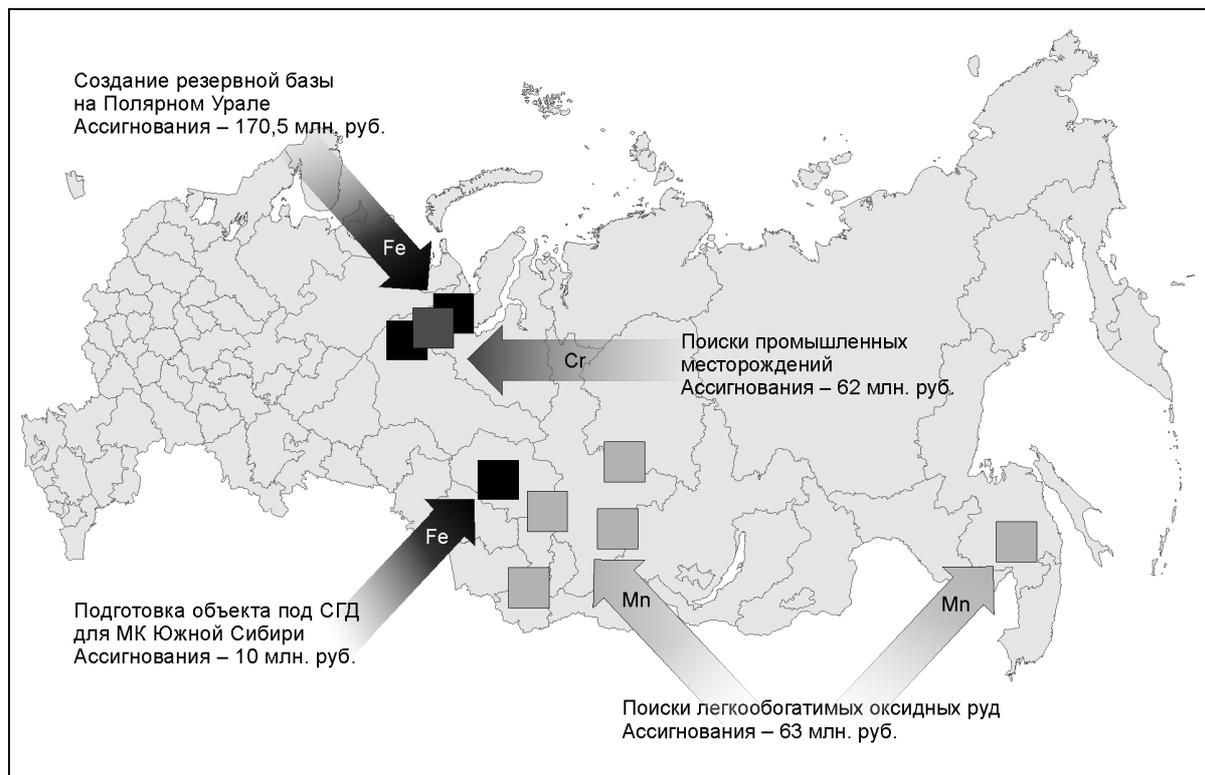


Рис. 6. Основные результаты ГРП на черные металлы в 2006 г.

перспективных на скарново-магнетитовое оруденение магнитных аномалий, а на двух участках вскрыты магнетитовые руды, подтвердившие высокие перспективы открытия промышленных железорудных объектов (рис. 6). Одновременно начаты и опытно-производственные работы по подготовке к освоению Бакчарского месторождения железных руд под скважинную гидродобычу в Томской области.

Поиски промышленных месторождений *хромовых руд* для металлургического комплекса Урала сконцентрированы на его севере, в пределах двух гипербазитовых массивов. Крупных объектов в настоящее время не выявлено, а отсутствие положительных результатов на массиве Сыум-Кеу вообще отодвигает его изучение на неопределенное время. В то же время, по итогам поисков в пределах Войкаро-Сыньинского массива к лицензированию подготовлены три мелких проявления и подтверждены высокие перспективы выявления объектов с суммарными ресурсами около 25 млн. т. На примере одного из них, Хойлинского, разработана инновационная технология переработки руд, способная обеспечить отработку данного типа руд с высокой экономической эффективностью. Изученные объекты способствуют расширению сырьевой базы Центрального месторождения и в перспективе мо-

гут полностью обеспечить потребности ЧЭМЗ, перерабатывающего эти руды.

Основные объемы геологоразведочных работ на *марганец* сконцентрированы на юге Сибири и в Хабаровском крае, в районах с развитой инфраструктурой и вблизи действующих металлургических комбинатов с целью подготовки к лицензированию не крупных, но промышленно значимых объектов легкообогатимых оксидных руд. Три таких объекта с суммарными прогнозными ресурсами около 15 млн. т подготовлены в Красноярском крае и Иркутской области.

Но наиболее важные, с нашей точки зрения, открытия сделаны новокузнецкими геологами на западе Алтае-Саянской складчатой области, где подтвердились перспективы обнаружения объектов высоколиквидных легкообогатимых окисленных руд в кремнистых корах выветривания и «валунчатых» руд с прогнозными ресурсами в первые десятки миллионов тонн.

Знаменательно и то, что сотрудниками ВИМСа на примере Тыньинского месторождения на Урале доказана технологическая эффективность переработки карбонатных марганцевых руд с получением кондиционных марганцевых концентратов радиометрического, магнитного и химического обогаще-



Рис. 7. Основные результаты ГРП на цветные металлы в 2006 г.:

по меди — объем финансирования 10 объектов — 285,2 млн. руб., ожидаемый прирост прогнозных ресурсов P_1 250, P_2 1600 тыс. т; по никелю и МПГ — объем финансирования 4 объектов — 64,7 млн. руб., ожидаемый прирост прогнозных ресурсов Ni — P_1 300, P_2 1600 тыс. т, МПГ — P_2 40 т; по свинцу и цинку — объем финансирования 4 объектов — 30,7 млн. руб., ожидаемый прирост запасов C_2 — Pb 2,7, Zn 4,6 тыс. т, ожидаемый прирост прогнозных ресурсов P_1 — Pb 25, Zn 25, P_2 — Pb 160, Zn 301, попутной Cu 40 тыс. т

ния, а также продуктов химико-технологического передела. Это обосновывает возможность эффективного использования низкокачественных карбонатных марганцевых руд, составляющих подавляющую часть балансовых запасов и учтенных прогнозных ресурсов страны.

Большое геополитическое значение имеют результаты работ на железо-марганцевые, кобальт-марганцевые и полиметаллические руды в Мировом океане. В плане их изучения наши специалисты вплотную подошли к вопросам оценки технологии и экономики этих месторождений будущего.

Цветные металлы. Оценивая результаты текущих геологоразведочных работ на медь на Южном Урале, следует признать, что выявление здесь новых крупных колчеданных месторождений маловероятно и укрепление минерально-сырьевых баз действующих горнорудных комбинатов возможно лишь за счет открытия и передачи в недропользование мелких объектов (рис. 7). По итогам 2006 г. в Башкортостане и Челябинской области оценено несколько компактных рудных залежей с общим объемом ресурсов меди до 200 тыс. т.

Вместе с тем, улучшение экономической ситуации в России и повышение цен на медь на мировых рынках позволяет иначе оценить возможность укрепления минерально-сырьевой базы меди на основе вовлечения в разработку крупнообъемных медно-порфировых месторождений с бедными и убогими рудами, обеспечивающих более 60% мировой добычи меди.

Если год назад для Урала на примере Михеевского месторождения была впервые обоснована промышленная принадлежность медно-порфировых руд (около 700 тыс. т), то в 2006 г. это стало возможным и для Быстринского месторождения в Читинской области — запасы, представленные на государственную экспертизу, составляют по меди 2,2 млн. т, золоту 250 т, серебру 1100 т. Эти показатели и выгодное географо-экономическое положение месторождения с учетом перспектив резервных площадей стимулировали принятие Правительством России решения по строительству железнодорожной магистрали на Култуму, что, в свою очередь, ускорит освоение и других известных месторождений данного района.

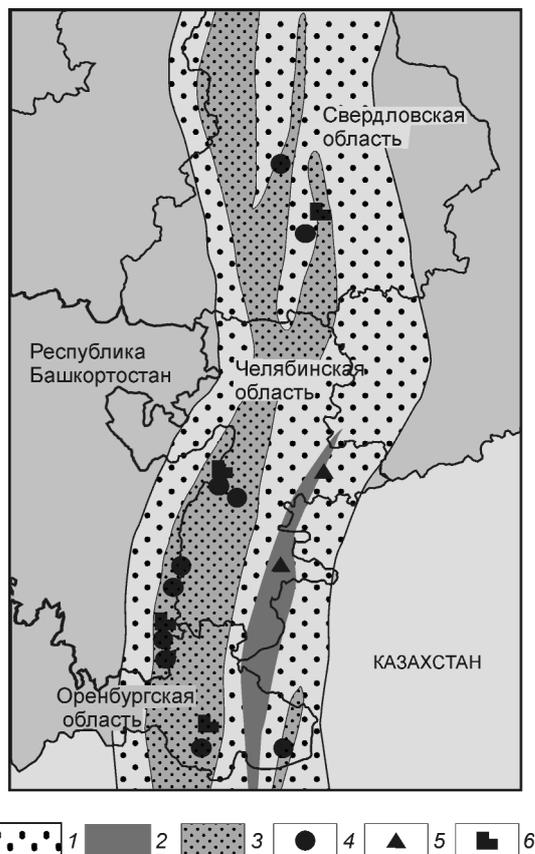


Рис. 8. Медно-порфи́ровые объекты — резерв Южно-Уральской меднорудной провинции:

1 — Уральская меднорудная провинция; 2 — медно-порфи́ровые зоны; 3 — колчеданоносные зоны; 4 — медно-цинково-колчеданные объекты; 5 — медно-порфи́ровые объекты; 6 — действующие горнодобывающие предприятия; ресурсный потенциал медно-порфи́ровых объектов — 6 млн. т Cu; срок исчерпания запасов около 20 лет

Таким образом, возможность эффективного освоения медно-порфи́ровых объектов в России можно считать доказанной. Поэтому следует откорректировать планы работ на Востоке страны, в Забайкалье и Алтае-Саянской области. Применительно к старейшему горнорудному району Южного Урала (рис. 8) это создает основу для реализации социально и экономически эффективного проекта его пролонгированного освоения на базе месторождений нового типа, который обеспечит добычу не менее 300 тыс. т меди в год на протяжении 20 лет.

Укрепление минерально-сырьевой базы сульфидного никеля с попутными медью и платиноидами наиболее перспективно за счет Восточно-Саянской провинции на юге Красноярского края и Иркутской области (рис. 9), в пределах наиболее изученной Канской металлогенической зоны. Уже сегодня

этот район является стратегически привлекательным для лидера мировой индустрии никеля — компании «Норильский Никель».

В 2006 г. восточнее Канской зоны доказаны промышленные перспективы новой Бирюсинской металлогенической зоны, где на участке Токты-Ой получены первые пересечения промышленных рудных тел и прогнозируется выявление средне-крупного платиносодержащего медно-никелевого месторождения. Общая оценка ресурсного потенциала Канской и Бирюсинской металлогенических зон колеблется от 8 до 12 млн. т, что вполне сопоставимо с аналогичными никеленосными поясами Томпсон (Канада, суммарные запасы никеля около 10 млн. т) и Джиньчуань (Северный Китай — около 5 млн. т).

Таким образом, Восточно-Саянская никеленосная провинция определилась в качестве нового потенциального центра экономического роста на основе развития горнодобывающего комплекса, способного обеспечить ежегодную добычу никеля в объеме не менее 300 тыс. т на протяжении более 30 лет и создание не менее 20 тыс. новых рабочих мест. В условиях выбывания богатых руд норильской группы месторождений провинция будет достойной альтернативой, и скорейшее освоение этого района приобретает государственную значимость.

Укрепление МСБ Садонского и Дальнегорского комбинатов и расширение сырьевой базы традиционных типов руд в Змеиногорском районе Алтая составляли основную задачу геологоразведки 2006 г. на *свинец и цинк*. Если в первых двух районах работы осуществлялись по отработанному годами формату, предусматривающему локализацию и оценку прогнозных ресурсов в объемах годовой добычи, то в юго-восточной части Змеиногорского района при поисково-ревизионных работах на руды «алтайского» типа выделено восемь поисковых участков в ранге прогнозируемых рудных полей и месторождений, где отдельными скважинами пересечены 10–30-метровые рудные зоны с интенсивной сульфидной минерализацией. Это позволило локализовать прогнозные ресурсы по сумме цинка, свинца и меди в объеме более 300 тыс. т.

За три последних года существенно укреплена сырьевая база *сурьмы*, в первую очередь, за счет оценки серии объектов в Восточно-Забайкальском геолого-экономическом районе (рис. 10). Создаваемый здесь резерв запасов (150 тыс. т) обеспечит более чем 30-летнюю работу нового горно-металлургического комбината с годовым объемом производства сурьмы до 4 тыс. т, что позволит создать до 7 тыс. рабочих мест.

Учитывая благоприятное географическое положение района и высокий спрос на этот вид сырья на



Рис. 9. Проект освоения медно-никелевых месторождений Восточно-Саянского геолого-экономического района

мировом рынке, его востребованность будет однозначно высокой. В связи с этим возможна подготовка обоснования социально и экономически эффективного проекта освоения этой группы объектов в комплексе с объектами, попадающими в зону влия-

ния проектируемой железнодорожной ветки Нарын–Култума, с целью ускоренного освоения быстринской группы медно-порфирового и Бугдаинского золото-молибденового месторождений. Комплексность освоения недр этой территории с учетом сурьмянорудных и золото-сурьмяных объектов позволит значительно повысить экономический эффект данного проекта.

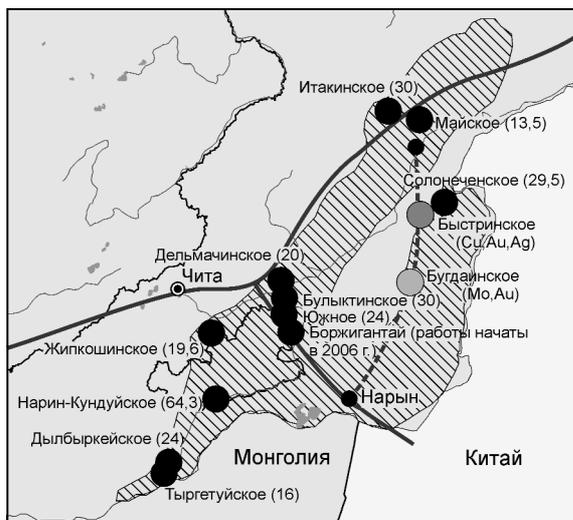


Рис. 10. Проект комплексного освоения месторождений сурьмы, меди, молибдена, золота Восточно-Забайкальского геолого-экономического района

Редкие и редкоземельные металлы. Востребованность редких и редкоземельных металлов как незаменимого сырья при разработке и производстве высокотехнологичного оборудования в нашей стране довольно низка. Вместе с тем, по данным государственного баланса, созданная за предыдущие годы минерально-сырьевая база этих металлов способна удовлетворить практически любые запросы. Поэтому в целом геологоразведочные работы на эти виды сырья были направлены на повышение инвестиционной привлекательности объектов и выявление новых месторождений с более высокими качественными характеристиками (рис. 11).

Работы на титан-циркониевых россыпях продолжены в Ставропольском геолого-экономическом районе (рис. 12). В 2006 г. их промышленное значение подтверждено государственной экспертизой запасов Бешпагирского месторождения. В



Рис. 11. Основные результаты ГРП на редкие металлы в 2006 г.:

объем финансирования 9 объектов — 67,4 млн. руб.; ожидаемый прирост прогнозных ресурсов Li (Li₂O) по P₂ 30 тыс. т, TR по P₁ 100 тыс. т P₃O, Sb по P₁ 30, P₂ 120 тыс. т, Zr по P₁ 1000 тыс. т TiO₂, 200 тыс. т ZrO₂

качестве его резерва к лицензированию подготовлены Гофицкий, Айгурский и ряд других участков. Границы этого нового геолого-экономического района значительно расширяются за счет территории Калмыкии. Ресурсный потенциал района составляет 10 668 тыс. т диоксида титана и циркония; срок эксплуатации объектов — 15–20 лет; го-

довое производство концентратов до 53 тыс. т. Таким образом, основания для создания новой промышленной сырьевой базы титана и циркония на Северном Кавказе получены, и нам необходимо подготовить для представления в вышестоящие инстанции геолого-экономическое обоснование для создания социально и экономически эффективного проекта его освоения. Значимость этого проекта для геополитически важного для страны региона, характеризующегося высоким уровнем безработицы, очевидна. Его реализация позволит, с одной стороны, обеспечить занятость до 15–20 тыс. человек, а с другой — практически полностью избавиться от импорта данного вида сырья.



Рис. 12. Проект освоения титан-циркониевых месторождений Ставропольского геолого-экономического района

Технологические исследования на Карасугском месторождении редкоземельных металлов *цериевой группы* показали возможность раздельного получения низкорadioактивных железного и бастнезитового концентратов, его высокую инвестиционную привлекательность.

Успешно ведутся работы на двух объектах по *иттриевой группе* металлов, острую потребность в которых испытывает атомная энергетика, — ксенотимовых россыпях в Иркутской области и на новом типе редкоземельного оруденения в Приморском крае.



Рис. 13. Основные результаты ГРП на золото и серебро в 2006 г.:

1 — создание новых МСБ на основе выявления средних и крупных месторождений золота в терригенных комплексах; 2 — создание новой МСБ на основе выявления средних и крупных месторождений золота; 3 — укрепление МСБ на основе выявления средних и крупных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах; 4 — расширение МСБ на основе выявления средних месторождений золота в вулканогенно-терригенных комплексах и корах выветривания; 5 — создание МСБ золота и серебра — возможных центров крупнотоннажной добычи мирового уровня; 6 — создание новой МСБ на основе мелких и средних месторождений золота

Благородные металлы. Несмотря на значительные ассигнования в геологоразведочные работы на *золото*, их основные объемы были сконцент-

рированы в ограниченном количестве наиболее перспективных рудно-металлогенических районов и провинций. Наряду с решением вопросов поддержки минерально-сырьевой базы действующих предприятий в различных регионах страны, главной задачей определена необходимость создания мощной сырьевой базы золота на основе крупнотоннажных месторождений на Северо-Востоке России, юге Сибири, Северном Кавказе (рис. 13).



Рис. 14. Проект создания центра золотодобычи мирового уровня в Яно-Колымском геолого-экономическом районе (северо-восточная геополитическая окраина России)

Положительные результаты, полученные в 2006 г., и накопленная за последнее пятилетие информация позволяют говорить о том, что проблема крупнообъемных золоторудных месторождений вышла за рамки геологоразведки и требует принятия соответствующих решений по их системному освоению с созданием крупнейших, мирового класса центров золотодобычи, подобных, например, невадйскому в США, производящему ежегодно до 200 т золота.

Наиболее крупным из изученных является Яно-Колымский геолого-экономический район (рис. 14) в Магаданской области и Республике Саха (Якутия). По самым скромным оценкам, он имеет рудный потенциал более 5 тыс. т и способен обеспе-



Рис. 15. Проект освоения золоторудных месторождений Северо-Кавказского геолого-экономического района (южная геополитическая окраина России)

чить объем годовой добычи минимум в 100–120 т на протяжении более 50 лет. Это позволит в геополитически важном для России регионе трудоустроить не менее 50–60 тыс. человек. Запасы Наталкинского месторождения (главного объекта территории) в количестве около 1900 т до конца 2006 г. будут рассмотрены в ГКЗ Роснедра и учтены госбалансом. Начиная с 2012 г., оно будет производить ежегодно до 40 т золота.

За счет средств федерального бюджета в этом районе изучены и продолжают изучаться еще 15 крупных перспективных объектов. Об эффективности исследований свидетельствует пятикратное увеличение за трехлетний период потенциала Верхне-Индижирского золотоносного района. А два объекта в Магаданской области (Дегдекан и Токичан) с суммарными ресурсами более 500 т, переданные два года назад по аукциону недропользователю, успешно разведываются ЗДК «Полус Золото».

Следующий этап развития региона — это применение на практике механизмов эффективного государственно-частного партнерства на новых экономических принципах в виде проекта создания российского центра золотодобычи мирового класса. Все необходимые расчеты в ближайшее время будут представлены для рассмотрения заинтересованным компаниям, субъектам Российской Федерации и в Правительство России. Закрепление национальных интересов России путем развития золоторудного крупнотоннажного минерально-сырьевого комплекса на восточной геополитической окраине, где золотодобыча, по сути, находится в состоянии стагнации, должно лечь в основу социально и экономически эффективного народнохозяйственного проекта.

Другой эффективный проект — это Северо-Кавказский геолого-экономический район (рис. 15), известный своей социально-политической напряженностью. О перспективах освоения титан-циркониевых россыпей Ставрополя было сказано. Вместе с тем, существенно расширены и представления о золоторудном потенциале структур Северного Кавказа и Днепровско-Донецкого авлакогена. Первые объекты, выявленные и изученные за счет бюджетных средств, залицензированы в 2006 г. в Ростовской области и Карачаево-Черкессии. Новые данные свидетельствуют о промышленной значимости еще ряда участков с крупнообъемными объектами, на которых уровень средних содержаний золота от 1,5 до 6,5 г/т на мощность от 8 до 80 м. По нашим оценкам, суммарный потенциал этого региона превысит 1500 т золота и обеспечит основу его годовой добычи в объеме 10–20 т. Этого достаточно для организации стабильного минерально-сырьевого комплекса на срок не менее 30 лет с обеспечением занятости населения до 10 тыс. человек. Для стимулирования геологоразведочных работ и привлечения средств бизнеса для ускоренного развития региона необходим ряд мер государственной поддержки в рамках предлагаемого проекта.

Западно-Верхоянский геолого-экономический район (рис. 16), соразмерный Яно-Колымскому и примыкающий к нему с северо-запада, имеет сереброрудный потенциал (около 60 000 т), соответствующий потенциалу провинций мирового уровня, и способен обеспечить существование горнодобывающего производства с годовым уровнем добы-



Рис. 16. Проект освоения резервной сереброрудной базы Западно-Верхоянского геолого-экономического района (северо-восточная геополитическая окраина России)

чи серебра 1000 т в течение 35–40 лет. Качество руд не уступает дукатским, и ряд объектов уже лицензирован. Однако достижение названных параметров добычи в короткие сроки и обеспечение дополнительных рабочих мест (20 тыс. человек) на этой геополитически важной для России территории возможны при участии государства в управлении национальным проектом.

Значительные успехи достигнуты учеными ЦНИГРИ при разработке новой технологии поисковых работ на алмазы, практическая значимость которой доказана открытием двух новых алмазосодержащих кимберлитовых трубок в Архангельской области. Это особенно важно сейчас, когда становится очевидной многолетняя низкая поисковая эффективность геологоразведки компании «Алроса».

Нерудные полезные ископаемые. Работы на неметаллы были направлены на решение проблем минерально-сырьевой базы агрохимического, нерудного металлургического, горнотехнического и горнохимического сырья, что вписывается в рамки национальных проектов «Доступное и комфортабельное жилье» и «Эффективное сельское хозяйство», а также Проекта развития атомного энергопромышленного комплекса России (рис. 17).

В списке эффективно изучаемых видов полезных ископаемых — фосфориты и калийные соли, цементное и стекольное сырье, огнеупорные и тугоплавкие глины, керамическое и сорбционное сырье, плавиковый шпат, кристаллический графит, бентонит, волластонит, каолин, известняки, кварцевое сырье для производства продуктов высоких технологий и флюорит для оптики и т.д.

По итогам последних трех лет на европейской части России обоснованы три крупных геолого-экономических района для дальнейшего развития и использования минерально-сырьевой базы неметаллов:

Северо-Кавказский (цементное сырье, бентониты, цеолитсодержащие породы, минерально-строительное сырье);

Центральный (цементное и стекольное сырье, гипс и др.);

Уральский (агропромышленная зона обеспечения развитого сельского хозяйства — фосфориты Нечерноземья, калийные соли Северного Прикаспия).

Таким образом, при оценке ожидаемых результатов геологоразведочных работ 2006 г., выполненных за счет средств федерального бюджета, акцентируется внимание на тех направлениях, которые могут и должны составить основу социально и экономически эффективных проектов развития отечественной экономики на базе минерально-сырьевого

потенциала, обоснованного геологами за последние 3–5 лет. Это стало возможным в связи с интенсификацией исследований геолого-экономического направления и, с нашей точки зрения, дает наглядное представление о результативности геологоразведки, ее вкладе в экономику страны. В приведенном выше кратком обзоре даны предложения по шести наиболее продвинутым проектам (рис. 18) — это медь, никель, сурьма, титан, цирконий, золото и серебро. Их реализация позволит, с одной стороны, решить некоторые проблемы минерально-сырьевого комплекса, а с другой — укрепить геополитически важные для России регионы, вывести их из разряда дотационных в самодостаточные, обеспечить около 110 тыс. дополнительных рабочих мест.

Успех предлагаемых проектов возможен лишь при полном взаимодействии государства и бизнеса на основе государственно-частного партнерства, разграничивающего обязанности и объединяющего совместные усилия сторон.

В современных условиях большое значение приобретает блок геолого-экономических исследований. Так, предварительная переоценка отечественного золоторудного гиганта — месторождения Сухой Лог — с учетом инновационных технологий в корне изменила экономику этого объекта, а его запасы до конца будущего года возрастут практически вдвое и превысят 2000 т. Это обстоятельство в очередной раз ставит вопрос об острой необходимости актуализации балансовых запасов месторождений нераспределенного фонда недр. В связи с этим обоснован перечень из 26 первоочередных уникальных и крупных месторождений (рис. 19), имеющих стратегическое значение для российской экономики. Планируется последовательно пересматривать показатели и условия их освоения до момента представления в недропользование. Эффект от таких исследований очевиден.

Сложно переоценить работу по созданию геолого-экономических карт федеральных округов. Ее результаты способствуют принятию обоснованных решений в части планирования воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы. Так, оценка национального богатства недр по твердым полезным ископаемым (рис. 20) показала не только его состояние и распределение по отдельным месторождениям, районам, субъектам и федеральным округам, но и высветила проблемы отдельных территорий. Например, в Северо-Западном федеральном округе при обилии лицензированных площадей очень низок процент вовлеченного в освоение богатства недр и практически отсутствует фонд объектов воспроизводства МСБ, который также очень мал и в Уральском округе. Самый низкий процент

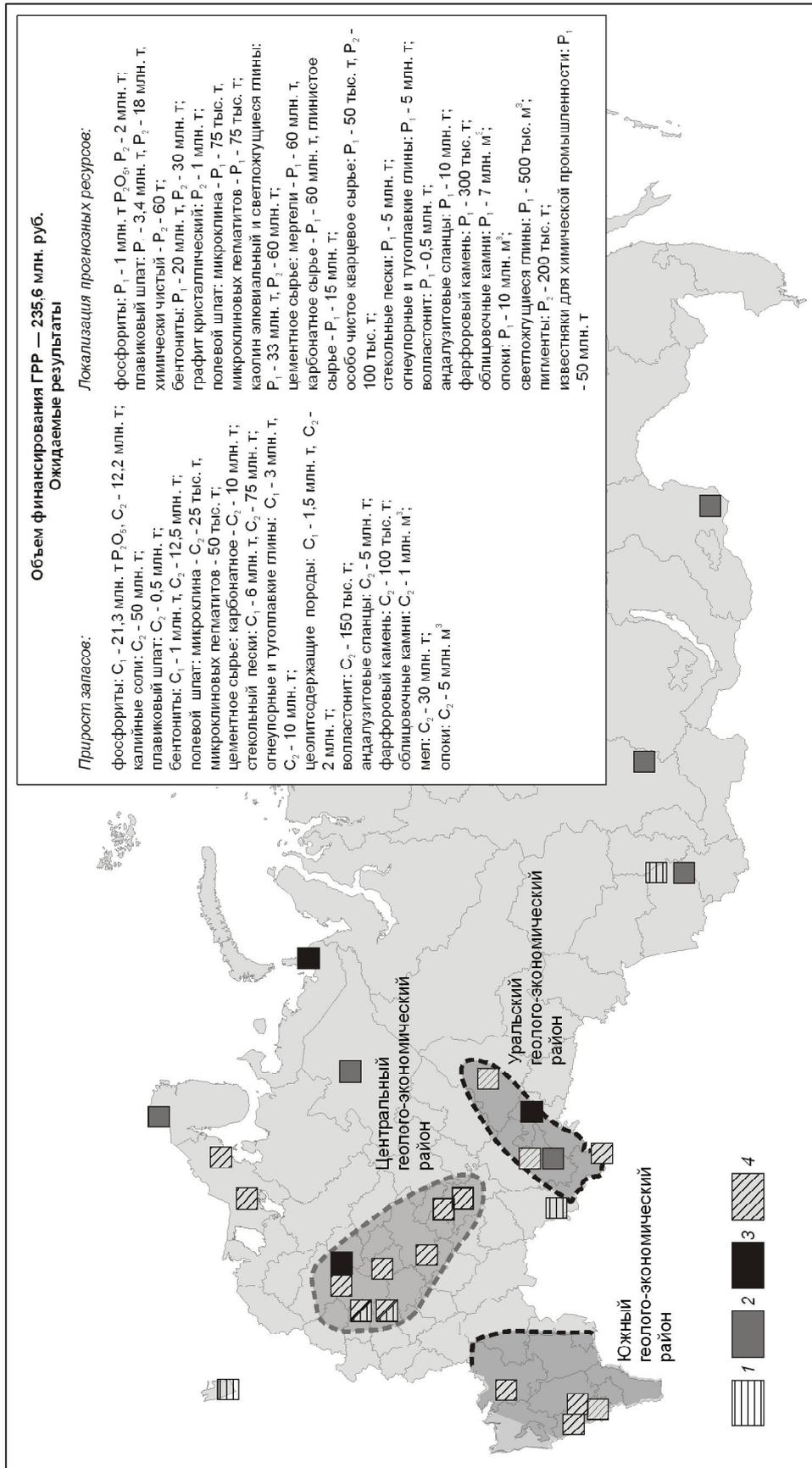


Рис. 17. Основные результаты ГРР на нерудные полезные ископаемые в 2006 г.:

1 — агрохимическое сырье (46 млн. руб.); 2 — нерудное металлургическое сырье (27,7 млн. руб.); 3 — сырье для продукции высоких технологий (21,2 млн. руб.); 4 — комплексе дефицитных видов неметаллов (135,5 млн. руб.)



Рис. 18. Перспективные центры экономического роста России на основе минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых



Рис. 19. Стратегические месторождения России:

1 — золото, 2 — медь, 3 — свинец, цинк, 4 — молибден, 5 — олово, 6 — вольфрам, 7 — редкие металлы, 8 — уран, 9 — железо, 10 — титан; месторождения: 11 — уникальные, 12 — крупные

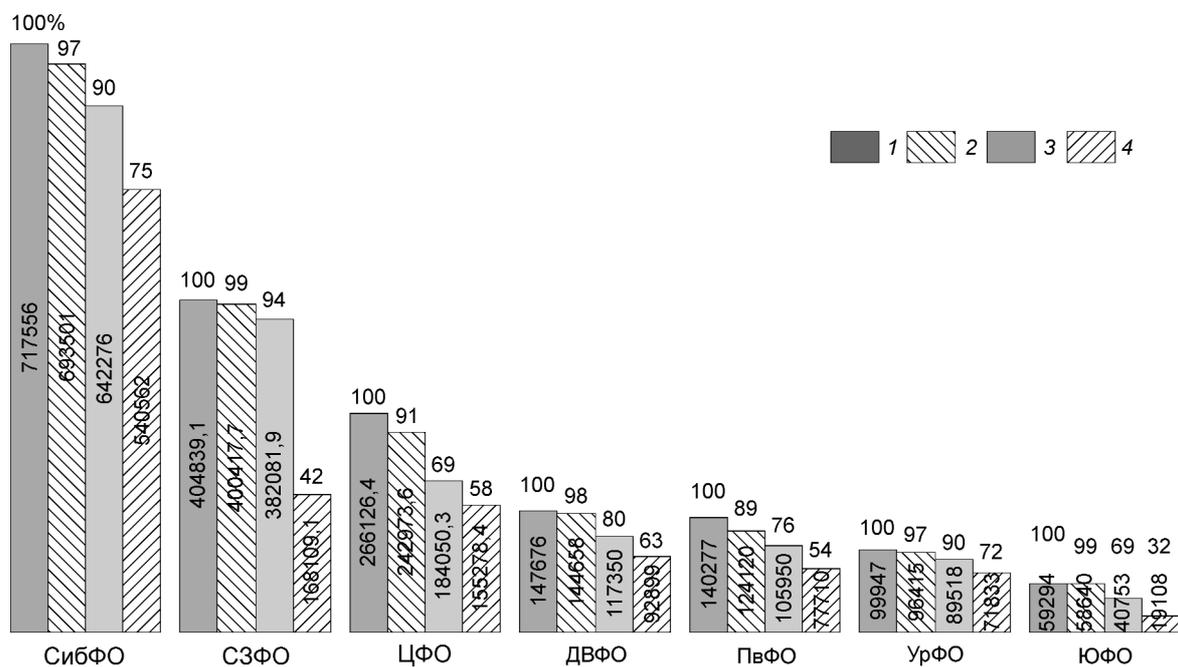


Рис. 20. Национальное богатство недр по твердым полезным ископаемым с учетом 25-летней потребности, млрд. дол.:

1 — минерально-сырьевой потенциал недр (1873,7); 2 — потенциальное национальное богатство (A+B+C₁+C₂+P₁) недр (1562); 3 — национальное богатство (A+B+C₁+C₂) недр (1760,7); 4 — востребованное богатство недр (1125,5)

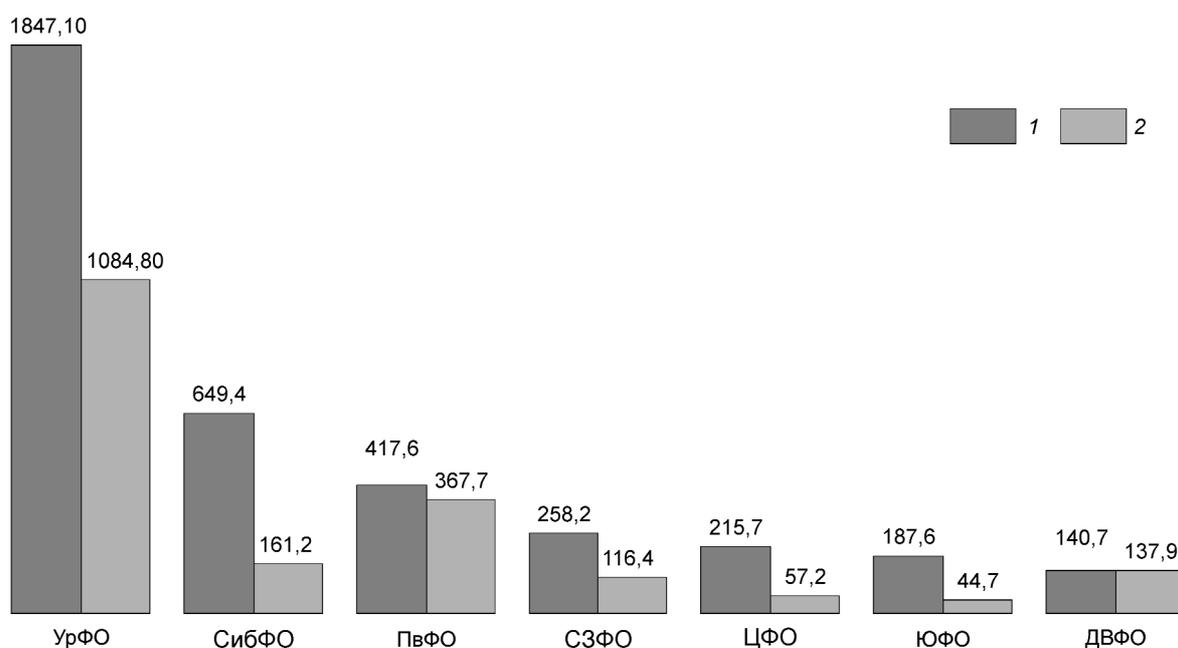


Рис. 21. Сравнение расчетного востребованного национального богатства недр и объема продукции добывающих отраслей, млрд. руб./год, по данным государственной статистики на 01.01.05:

1 — расчетные значения востребованного национального богатства недр; 2 — данные государственной статистики

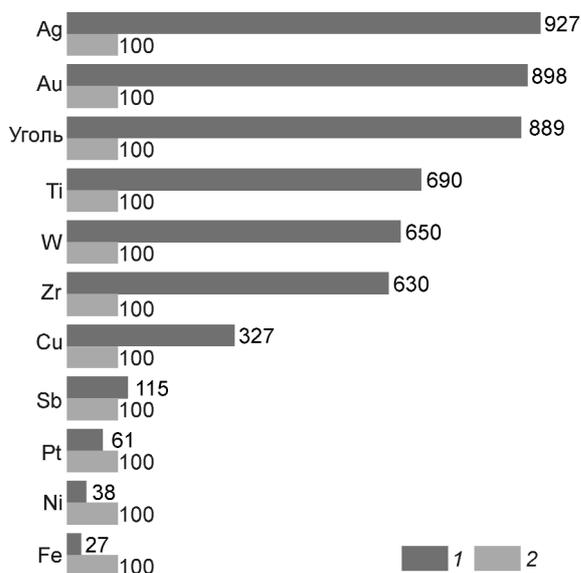


Рис. 22. Соотношение (%) приростов запасов и добычи твердых полезных ископаемых в 2006 г., по данным ГКЗ, Роснедра и Росгеолфонда:

1 — прирост; 2 — добыча (уровень 2005 г.)

освоения национального богатства недр в Южном федеральном округе, а наиболее рационально политика недропользования реализуется в Сибирском, Дальневосточном и Центральном округах.

В то же время, по данным государственной статистики, в целом по России распределенный фонд используется наполовину (рис. 21). Если в Приволжском и Дальневосточном округах процент использования недр соответственно 98 и 88%, то во всех остальных — 25–59%. Особенно низка загрузка

действующих мощностей в Сибирском и Южном округах — около 25%.

Комментируя ситуацию с приростом запасов твердых полезных ископаемых, должны признать, что и в этом году, несмотря на значительность вкладываемых компаниями средств (до 12 млрд руб.), она существенно не изменилась. Ожидаемые приросты запасов по серебру, золоту, углю, титану-цирконию, вольфраму, меди многократно превысят объемы добычи предыдущего года (рис. 22). Но, за исключением Быстринского золото-медного объекта, прирост получен на давно известных Дукатском, Наталкинском, Бешпагирском, Холтосонском месторождениях и в Кузбассе. В стране, где добывается более 100 видов твердых полезных ископаемых, подавляющая часть компаний, по существу, воспроизводством их запасов не занимается. Более того, попытки Роснедра оценить эффективность работы недропользователей при рассмотрении ожидаемых итогов года завершились ничем, так как в отличие от четкой организации бюджетной геологоразведки эта сфера по-прежнему практически бесконтрольна и не управляема.

Планирование работ 2007 года. В 2007 г. геологоразведочные работы на твердые полезные ископаемые за счет средств федерального бюджета будут развиваться в соответствии со стратегией «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья» и полученными результатами 2006 года. Предполагается, что на эти цели будет выделено около 6 млрд. руб., которые распределятся в 45 субъектах Российской

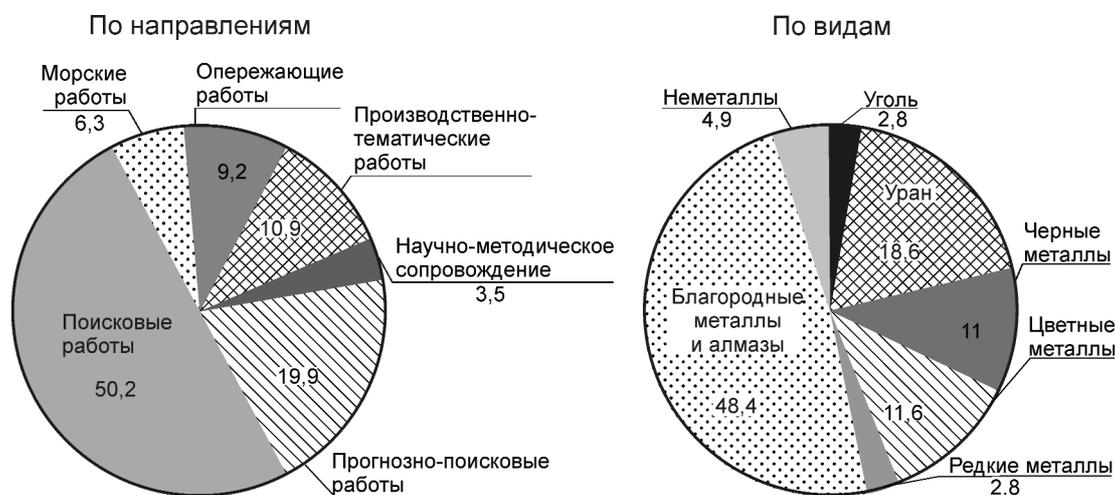


Рис. 23. Структура затрат на ГРП на твердые полезные ископаемые в 2007 г., %

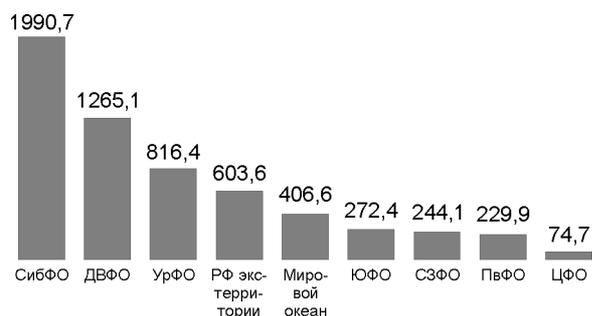


Рис. 24. Распределение средств федерального бюджета на ГРР на твердые полезные ископаемые среди федеральных округов и в Мировом океане в 2007 г., млн. руб.

Федерации на 324 объектах, в том числе на 93 новых на сумму 1,7 млрд. руб. (см. рис. 1).

В структуре затрат в процентном и абсолютном значениях увеличится доля опережающих и производственно-тематических работ (рис. 23).

Не меняя в целом структуры работ по видам полезных ископаемых, будет продолжено изучение известных и вновь выявленных минералогических структур с акцентом на вероятных социально эффективных проектах развития российской экономики.

Распределение средств бюджета по федеральным округам в сравнении с 2006 г. существенных изменений не претерпит (рис. 24). При этом для обеспечения местных нужд несколько возрастет финансирование работ на уголь в Сибири и на Дальнем Востоке. Предусмотрена концентрация средств на урановое сырье в перспективных регионах Южной Сибири. Увеличится доля работ на черные и цветные металлы на Урале и Дальнем Востоке, неметаллы в Северо-Западном округе и Сибири.

Спектр изучаемых типов полезных ископаемых расширится за счет работ на новые виды неметаллов. Расширится и география наших исследований — в списке новых субъектов появятся Республика Дагестан (золото, природные сорбенты), Нижегородская область (каолины). Будут усилены работы на урановое сырье в Забайкалье и Иркутской области, цветные металлы в Приморье и на Алтае, алмазы в Архангельской области, начнутся работы на золото в Томской области и Корьякии, алмазы в Якутии, урановое сырье на Чукотке, цементное сырье в Кабардино-Балкарии.

Масштабность и напряженность планов федеральной программы 2007 года очевидны. Показатели ожидаемого прироста ценности недр за счет твердых полезных ископаемых по сравнению с 2006 г. возрастут на 39% (рис. 25). Как видим, ситу-

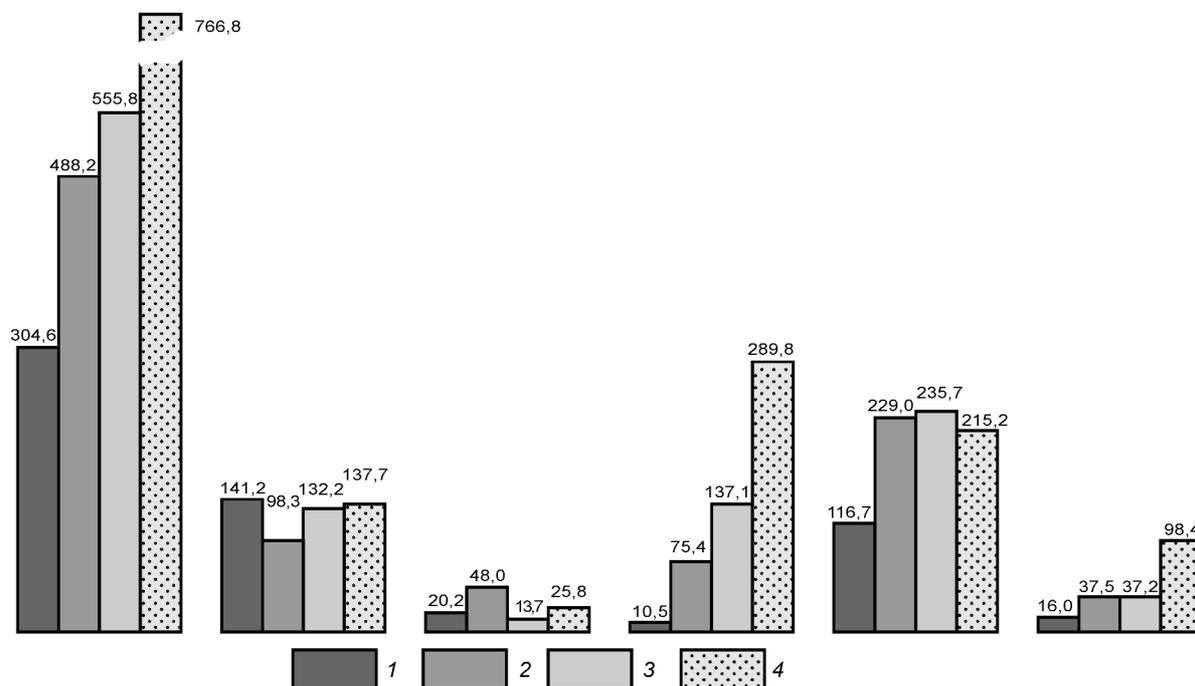


Рис. 25. Прирост ценности недр за счет локализованных ресурсов твердых полезных ископаемых в 2004–2006 гг. и прогноз на 2007 г., млрд. руб.:

1 — 2004 г., 2 — 2005 г., 3 — 2006 г., 4 — 2007 г. (прогноз)

ация вполне закономерна, а результаты прежде всего будут зависеть от кадровой составляющей и ритмичности финансирования геологоразведочных работ. Главная проблема — в способности качественного выполнения геологических заданий отдельными предприятиями. В этой сфере определился круг компаний негосударственной формы собственности, достаточно эффективно и ответственно выполняющих госзаказ, но все-таки основная нагрузка лежит на госпредприятиях, и сохранение их потенциала в условиях наращивания объемов ГРП осо-

бенно актуально. Другая проблема состоит в несоответствии возможностей лабораторно-аналитического комплекса возрастающим объемам различных видов опробования. В этих условиях наращивание средств на геологоразведку теряет всякий смысл, так как отсутствие оперативности аналитики может привести только к нерациональности затрат. Это и ставит задачу создания в стране нескольких мощных лабораторных центров государственного подчинения, аналогичных зарубежным.

ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ



УДК [551.24+553.078] (470.5)

© А.Н.Барышев, 2007

ТЕКТОНИКА, ГЕОДИНАМИКА И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

А.Н.Барышев (ЦНИГРИ Роснедра МПР России)

Рассмотрение литолого-формационных комплексов и геологической структуры Полярного Урала в свете общей геодинамики Урала позволяет обосновать неправомерность выделения здесь докембрийской островодужной системы. Бедамельская серия, принимаемая ранее за докембрийский островодужный комплекс, слагает аллохтонные блоки палеозойских пород, смещенные к западу от территории, сопоставимой с Восточно-Уральским поднятием, и характеризуется аналогичной металлогенией.

В последние годы проводятся и планируются работы, направленные на освоение природных ресурсов Полярного Урала. В связи с этим актуально рассмотрение главных особенностей геологического строения и металлогении данной территории. К этому побуждает и дискуссионность отнесения тех или иных образований Полярного Урала к докембрийской или палеозойской металлогеническим эпохам. Встает вопрос: необходим ли учет специфики докембрийской геодинамики или можно использовать критерии прогноза месторождений, разработанные для палеозойских районов более южных частей Урала.

Тектоника и геодинамика. Многие исследователи выделяют на Урале докембрийскую острово-

дужную систему, к которой, в частности, относят породы бедамельской серии Полярного Урала, участвующие в сложении Оченырдынского, Манитаньрдского и других блоков (рис. 1). Эти блоки интерпретируются как антиклинали и антиклинории среди толщ палеозойского шельфа окраины Восточно-Европейской платформы [9]. Докембрийский возраст бедамельской серии (БС) обосновывали: наличием обломков пород БС в конгломератах, которые принимались за базальные при накоплении ордовикских свит; присутствием цирконов кембрийского абсолютного возраста в гранитоидах, рвущих бедамельскую серию; косвенными соотношениями со свитами, где были обнаружены микрофоссилии докембрийского возраста, хотя руководящее значение пос-

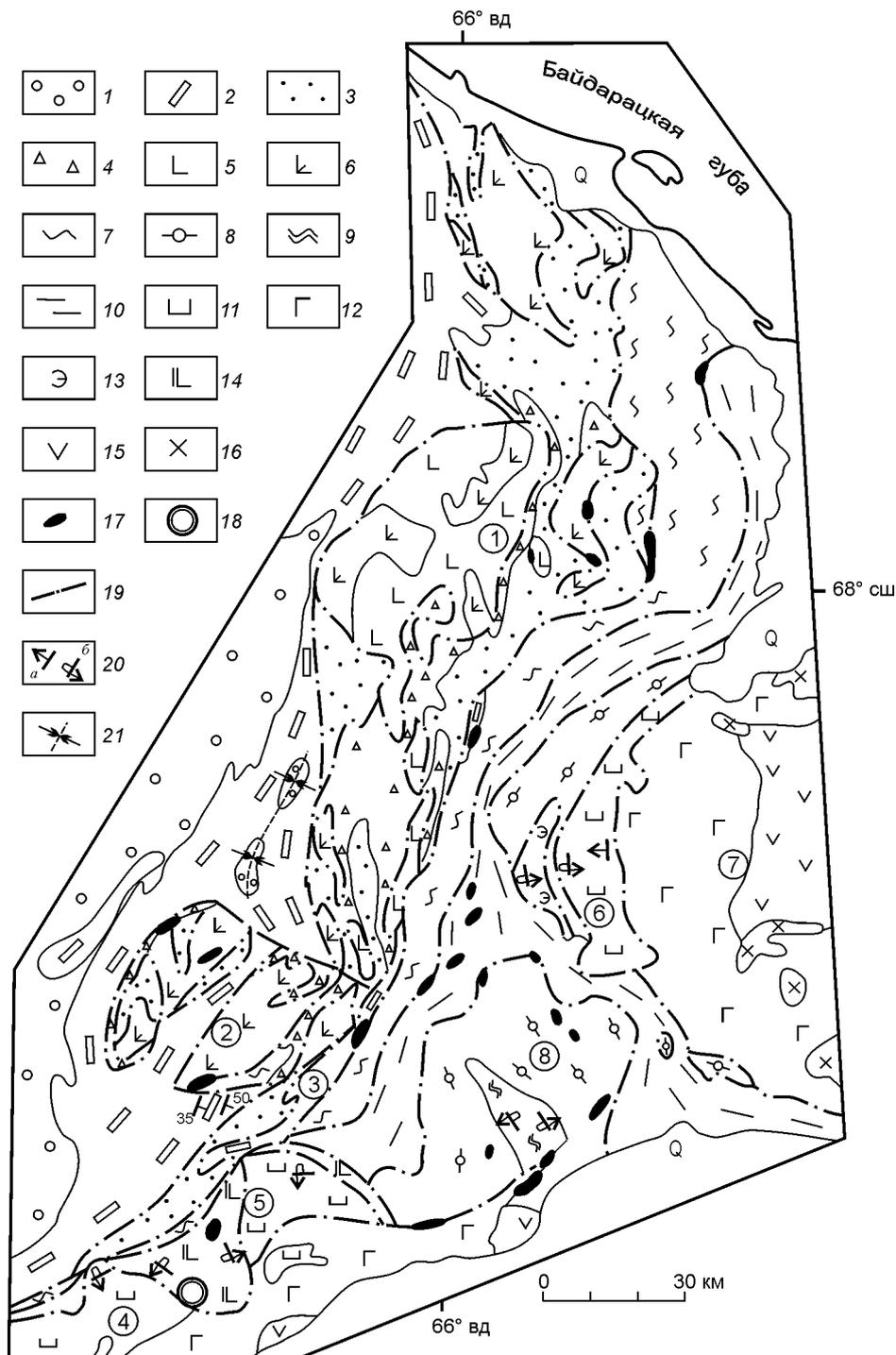
Рис. 1. Схема размещения структуро-формационных комплексов в геологической структуре Полярного Урала, составлена с использованием государственных геологических карт:

Елецкий автохтонный комплекс края Восточно-Европейской платформы: 1 — флишоиды позднего палеозоя, 2 — карбонатные толщ позднего силура-карбона; 3 — Тельпосский паравтохтонный комплекс континентального склона (карбонатно-терригенно-сланцевая толща ордовика); 4 — обломочная толща с присутствием олистостромы; крупные блоки и клиппы бедамельского комплекса (серии): 5 — раннепалеозойские осадочно-вулканогенные толщ, метаморфизованные в эпидот-амфиболитовой фации, 6 — андезитобазальтовая порфирировая толща девона; 7 — Орангский аллохтонный комплекс орангской песчано-алевролит-глинистосланцевой серии ордовика; паравтохтонный Харбейский комплекс (8, 9) и его обрамление (10): 8 — амфиболиты, гнейсы и мигматиты, 9 — парагнейсы, 10 — метатерригенная толща с мигматит-гранитами; аллохтонный Войкарско-Сыумкеуский комплекс метаморфизованной «океанической» литосферы, его члены: 11 — дунит-перидотитовый, 12 — габброидный, 13 — эклогитовый, 14 — осадочно-вулканогенный; Новогодненский комплекс — ассоциация девонского вулканоплутонического пояса: 15 — андезитовая толща, 16 — габбро-гранитоидные интрузивы; 17 — клиппы апогипербазитовых серпентинитов; 18 — колчеданно-полиметаллическое месторождение Тышор; 19 — разломы и границы шарьяжей; 20 — залегание пород (а — нормальное, б — опрокинутое); 21 — ось синклинали; цифры в кружках: 1 — Оченырдынский, 2 — Манитаньрдский аллохтонные блоки; 3 — Пайпудыньское тектоническое окно; гипербазитовые массивы: 4 — Войкарск-Сыньинский, 5 — Рай-Из, 6 — Сыум-Кеу; 7 — Щучьинский синклинорий; 8 — Харбейский кристаллический массив

ледных не доказывалось. Позже приводились факты, противоречащие такому истолкованию структурной позиции и возраста бедамельской серии [4]. Однако прежние представления продолжают использоваться в металлогенических построениях [10].

На Полярном Урале могут быть выделены формационно однородные по латерали вертикальные ря-

ды геологических формаций — структурно-формационные комплексы. В отдельных случаях из-за сложной тектоники четко выделить формации затруднительно. Тогда в единый комплекс приходится объединять серию сближенных тектонических пластин, условно давая им формационную характеристику по составу [20]. Формационные комплексы, их



состав и тектонические соотношения показаны на рис. 2.

Группы фактов позволяют пересмотреть ранее принимаемые возраст, позицию БС и поставить под сомнение существование рифейской островодужной системы на Полярном Урале.

Первая группа фактов свидетельствует о том, что БС находится в аллохтонной позиции по отношению к окружающим породам окраины Восточно-Европейской платформы (к Елецкому комплексу) и не представляет собой антиклинорных выступов среди них (см. рис. 1). Они следующие: 1) в хребте Манитаньрд под БС скважиной встречены карбонатные породы Елецкого комплекса, которые выходят также восточнее, в тектоническом окне по р. Большая Пайпудына; 2) гравитационное поле над БС свидетельствует об отсутствии магматогенного фундамента [6], а магнитное поле, характерное для Оченьрдского блока, резко обрывается эрозионным контуром последнего (устное сообщение П.С.Ревякина); 3) к югу от так называемого Манитаньрдского антиклинория отсутствуют периклинальные замыкания толщ Елецкого комплекса; 4) блоки БС сохранились в возвышенной части современного рельефа и в синформах, на продолжении осей синклиналей, сложенных породами Елецкого комплекса; 5) для осей блоков БС не характерно врезание речных долин, что обычно распространено вдоль осей антиклиналей; 6) дайки габбро-долеритов D_3-C_1 , Sm/Nd возраст которых 366 ± 25 млн. лет [14], в хребтах Манитаньрд и Пайпудынском пересекают породы БС, но не прослеживаются в окружающих породах Елецкого комплекса.

Вторая группа фактов свидетельствует о том, что возраст БС не рифейско-кембрийский, а более молодой: 1) в пятиметровом по мощности пласте осадочных пород между потоками метаморфизованных базальтов БС обнаружены палеозойские конодонты, а контакт БС с манитаньрдской свитой O_{1-2} не стратиграфический, а тектонический [18], и в ряде случаев в контактах БС с ордовикскими свитами Тельпосского комплекса присутствуют альпийские гипербазиты; 2) в БС входят как регионально-метаморфизованные вулканиты эпидот-амфиболитовой фации, так и не подвергшиеся метаморфизму. Последние накопились после извлечения первых вулканитов, метаморфизованных до этого на глубине в зоне субдукции. Что касается кембрийского возраста цирконов в гранитах, прорывающих толщи БС, то он, вероятнее всего, отражает не время интрузивного процесса, а сложные изменения изотопной системы в минералах протолита, из которого позже выплавлялась кремнекислая магма.

Третья группа фактов позволяет заключить, что наиболее вероятным местом, откуда были смещены аллохтонные блоки с БС, была территория, сопоставимая с Восточно-Уральским поднятием и расположенная восточнее зоны, представленной в настоящее время гипербазитовыми массивами Рай-Из и Сьум-Кей (Войкарско-Сьумкеуского комплекса): 1) бедамельская серия по сочетанию геологических формаций и их соотношениям аналогична сочетанию ордовик-силурийских терригенно-сланцевых и базальтоидных регионально метаморфизованных толщ, перекрытых девонскими неметаморфизованными порфириновыми формациями южной части Восточно-Уральского поднятия; 2) эти толщи повсеместно пересекаются поясами даек габбро-долеритов D_3-C_1 ; 3) в БС размещены месторождения тех же рудных формаций, что и на Восточном Урале — золото-кварцевые и золото-сульфидные в вулканогенных толщах, молибден-медно-порфириновые, золото-колчеданно-полиметаллические, бороносных скарнов; 4) западное направление смещения блоков БС подтверждается западной вергентностью складок практически во всех толщах, налегающих на Елецкий комплекс; 5) с этим же согласуется обилие клиппов альпийских гипербазитов, «разбросанных» в поле развития разных свит, расположенных восточнее блоков БС, что, вероятнее всего, связано с растаскиванием блоков, сорванных с гипербазитовых массивов зоны Рай-Из – Сьум-Кей; 6) часто встречающиеся опрокинутые залегающие пород в свитах Полярного Урала свидетельствуют о развитии шарьяжей пеннинского типа, при котором движение масс осуществляется по механизму «гусеницы трактора» с формированием олистостромы перед фронтом шарьяжа, поэтому так называемые базальные конгломераты ордовикских толщ Полярного Урала с обломками пород БС могут оказаться более поздней олистостромой; 7) расположение наиболее крупных блоков БС к западу (напротив) от поперечных воздыманий восточных территорий (южнее и севернее Щучинского синклинория) может указывать на преимущественное сползание их с этих поднятий.

К докембрийским на Полярном Урале обоснованно относят породы Войкарско-Сьумкеуского и Харбейского комплексов. В отношении Войкарско-Сьумкеуского комплекса речь идет о возрасте ультраосновного магматизма, который, согласно исследованиям А.В.Пейве, значительно древнее верхних (базальтоидных) частей офиолитовой ассоциации. Современная позиция упомянутых комплексов не отвечает ни палеоокеаническому сектору Урала (дунит-гарцбургитовая формация как основание океанической коры), ни фундаменту палеоураль-

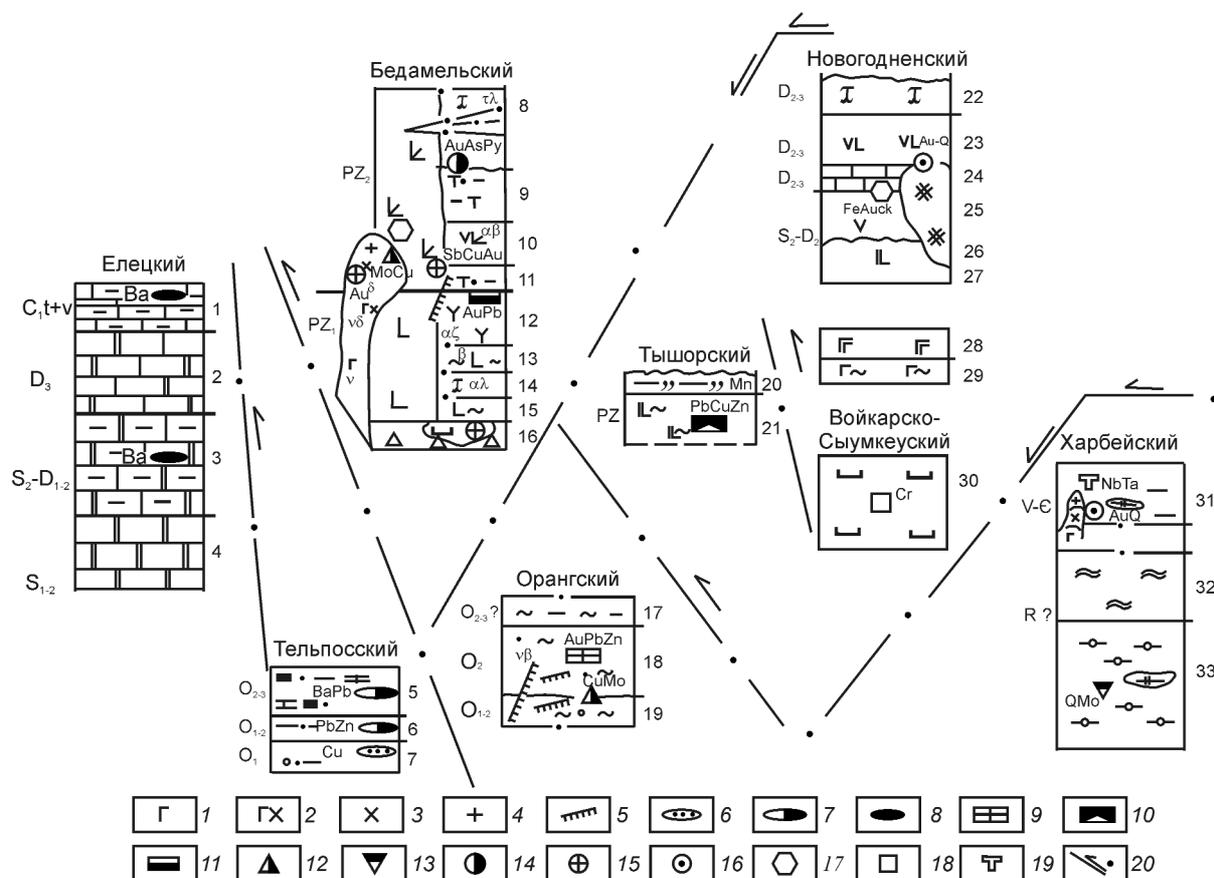


Рис. 2. Тектонические соотношения структурно-формационных комплексов Полярного Урала и позиция в них рудных месторождений:

стратифицированные геологические формации в колонках комплексов: 1 — углеродисто-карбонатная, 2 — известняково-доломитовая, 3 — углеродисто-известняково-доломитовая, 4 — известняково-доломитовая, 5 — углеродисто-терригенно-сланцево-карбонатная, 6 — карбонатсодержащая терригенно-сланцевая, 7 — конгломерато-песчано-алевролитовая, 8 — трахириолит-андезитовая и андезитобазальтовая, 9 — туфогенно-сланцевая, 10 — андезитобазальтовая, 11 — туфогенно-сланцевая, 12 — андезитоадацитовая, 13 — метабазальтовая, 14 — трахириолитовая, 15 — метабазальтовая (8–15 слева сгруппированы согласно карте, см. рис. 1), 16 — олистостромовая, 17 — филлитовидных парасланцев, 18 — алеврит-глинисто-сланцевая, 19 — пестроцветная песчановая, 20 — метавулканотерригенно-кремнистая, 21 — аповулканогенно-осадочных сланцев (совместно с метаморфизованной риолит-базальтовой и метатерригенно-углеродисто-сланцевой), 22 — дацит-трахириолитовая, 23 — андезит-базальтовая, 24 известняковая рифогенная, 25 — андезитобазальтовая, 26 — габбро-монзонит-гранитная и гранодиоритовая, 27 — базальтовая, 28 — габбро-плаггиогранитная, 29 — пироксен-плаггиоклазовых и амфибол-плаггиоклазовых роговиков, 30 — дунит-гарцбургитовая, 31 — метатерригенная и мигматит-гранитная, 32 — парагнейсовая, 33 — амфиболит-гнейсовая и мигматит-гранитная; интрузивные породы: 1 — габброиды, 2 — габбро-диориты, 3 — диориты, 4 — граниты, 5 — габбро-диабазы в дайках; формационные типы месторождений и рудопроявлений: 6 — стратиформный медистых песчаников, 7 — стратиформный свинцово-цинковый в карбонатных толщах, 8 — стратиформный баритовый, 9 — колчеданно-полиметаллический в терригенно-сланцевых толщах (филищайский тип), 10 — колчеданно-полиметаллический в осадочно-вулканогенных толщах, 11 — золото-барит-колчеданно-полиметаллический, 12 — молибден-медно-порфировый, 13 — молибден-кварцевый жильный и прожилково-вкрапленный, 14 — золото-сульфидный в вулканогенных толщах, 15 — золото-сульфидный в интрузивах и вмещающих породах, 16 — кварц-золоторудный жильный, 17 — золото-содержащий медно-магнетит-скарновый, 18 — хромитовый, 19 — тантал-ниобиевый; 20 — направление шарьирования одного комплекса на другой (наклон линии не означает направление падения поверхности шарьяжа)

кого бассейна или срединному массиву в традиционном понимании этого термина. Оба комплекса слагают крупнейшие аллохтоны, из которых Харбейский вполне вписывается в модель, предложенную А.В.Пейве для срединных массивов как глущинных покровов пеннинского типа [16].

Геодинамика Полярного Урала соответствует схеме взаимодействия линейного Палеоуральского (Тагильского) квазиокеанического бассейна, развивавшегося над мантийным валом, с комплексом краевых структур, формировавшихся благодаря ячеистому мантийному диапиризму под Западной

Сибирью [1]. Именно ячеистый диапиризм, а не столкновение литосферных плит, как принято считать [12], ответственен за процессы субдукции, обдукции и эдукции, которые формируют определенный структурный ансамбль (рис. 3) [5]. В такой модельный ансамбль вполне вписываются изложенные представления о происхождении блоков беда-

мельской серии совместно с кристаллическими сланцами и гнейсами Харбейского массива и с гипербазитовыми массивами Войкарск-Сыньинским, Рай-Из, Сыум-Кей.

Как показано А.С.Перфильевым [17], упомянутые гипербазитовые массивы аллохтонно залегают на Харбейском кристаллическом блоке, причем их

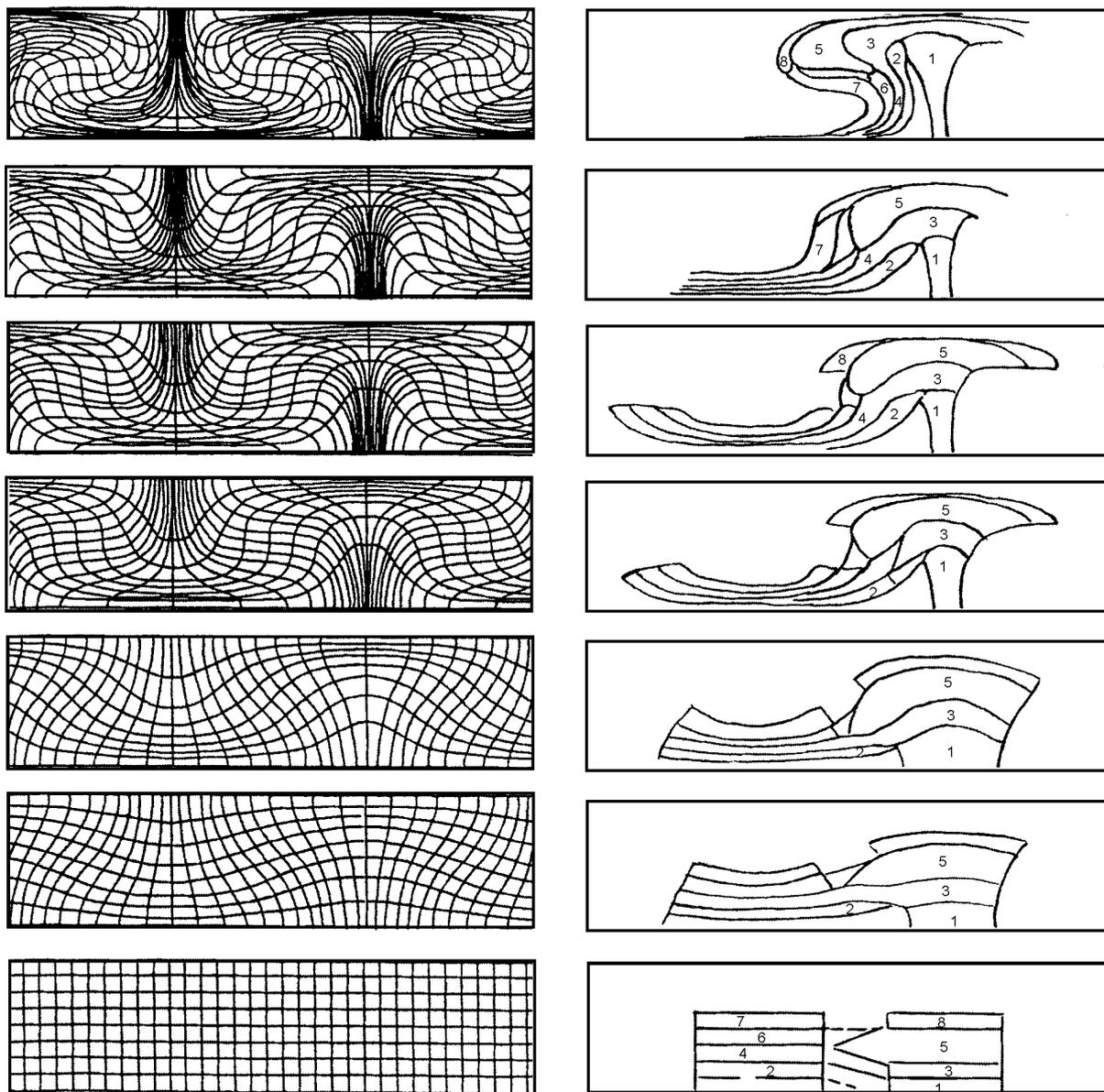


Рис. 3. Математическая модель деформаций слоистой толщи на разных стадиях конвективного процесса (слева, по [7]):

относительные перемещения условных слоев Земли, нанесенных на математическую модель (справа); слои континентальной (1, 3, 5, 8) и океанической (2, 4, 6, 7) литосферы: 1, 2 — мантийные, 3, 4 — габбро-базальтовые, 5 — гранит-метаморфический, 6 — эффузивных покровов, 7, 8 — осадочные; модель демонстрирует сопряженное развитие субдукции и встречной обдукции. На поздних стадиях видна эдукция океанических гипербазитов (2) в тылу глубинного покрова пеннинского типа, сложенного гранит-метаморфическим и габбро-базальтовым слоями; сопоставление геодинамики Урала с моделью см. в тексте

западные (фронтальные) части подвернуты, вплоть до образования опрокинутых антиклинальных складок, что свидетельствует о перемещении аллохтона в западном направлении. На западе под Войкарск-Сыныинским и Райизским массивами расположена вулканогенно-осадочная регионально метаморфизованная толща (Тышорский комплекс), вмещающая колчеданное месторождение Тышор, предположительно в опрокинутом залегании. К западу от массива Сьум-Кеу терригенная метаморфизованная глаукофансланцевая толща с линзами эклогитов имеет падение под гипербазитовый массив. В гипербазит-базитовых массивах Полярного Урала отмечена регрессивная эволюция регионального метаморфизма от высокотемпературных пластических течений габбро-норитов с образованием полосчатых пироксен-плагиоклазовых бластомилолитов с гранатом к амфиболитовым и зеленосланцевым фациям [19]. В отличие от западных в восточных частях упомянутые массивы имеют обычную последовательность мафит-ультрамафитовых слоев, характерную для нижних частей офиолитовых ассоциаций, т.е. залегание их нормальное, не опрокинутое. Вместе с тем, в восточных, более верхних частях массивов над ними отсутствуют базальты океанического типа, а на Войкарско-Сьумкеуском комплексе залегают образования Новогодненского комплекса, свойственные девонскому краевому вулканоплутоническому поясу [21]. Сами гипербазитовые массивы пересекаются неметаморфизованными базальтовыми дайками девона – раннего карбона.

Все это приводит к выводу о том, что гипербазитовые массивы совместно с раннепалеозойскими (?) базальтоидами ранее (в S_2-D_1) были погружены к востоку от квазиокеанического бассейна в зону субдукции, метаморфизованы, а позже (в D_1) извлечены (эдуцированы) на востоке, частично эродированы и сползли к западу. На извлечение метаморфизованных толщ на востоке, в зоне орогена, указывает то, что офиолиты перемещены на кристаллический Харбейский массив, имея западную вергентность. Этот массив более коррелирует с Восточно-Уральским поднятием, чем с западным бортом Тагильского бассейна. Вместе с тем, высокобарические фации метаморфизма характерны для пород западной, фронтальной, части аллохтона, а не тыловой. Извлечение метаморфизованных толщ происходило не на выходе зоны субдукции к морскому дну путем обратного выжимания субдукционного клина по модели, предложенной Н.Л.Добрецовым и А.Г.Кирдяшкиным [8], а путем блокирования и эдукции фронтальной (наиболее погруженной) части субдуцированных масс. Распределение пород

разных метаморфических фаций на Полярном Урале позволяет предположить, что извлечение метаморфитов высоких давлений и низких температур осуществляется в некотором удалении от ядер орогенов и несколько ранее максимального прогрева, сопровождаемого интрузиями, относящимися к краевому вулканоплутоническому поясу, и метаморфизмом высоких температур и низких давлений.

Метаморфизованные гипербазиты и базальтоиды Полярного Урала, когда они находились в зоне субдукции, принадлежали, очевидно, верхнему (опрокинутому) крылу лежащей синклинали, примыкающей к обдукционным (харбейским) массам земной коры, на которые они после эдукции шарьировали с востока. Тектонические блоки с породами бедамельской серии сползли к западу с вулканоплутонического пояса в позднем палеозое, оставив на своем пути в виде клиппов серпентиниты — породы своего основания. Суммарная амплитуда разновозрастных (от девона до ранней перми включительно) горизонтальных перемещений блоков с породами БС превышала 150 км.

Приведенные реконструкции вписываются в математическую модель адвекции как ограниченной по фазе конвекции (см. рис. 3). Последняя фаза модели на рисунке, очевидно, не является финальной применительно к Уралу. На модели видно, как литосфера океанического типа (слои 2, 4, 6, 7) подвергается субдукции и последующей эдукции. Гипербазитовый и базитовый слои (на Урале им соответствуют Войкарско-Райиз-Сьумкеуский и Тышорский) налегают на слои континентальной литосферы (Харбейский и др.), оказавшиеся смещенными при обдукции к западу относительно эдуцированных слоев. Развитие процессов в представленной модели можно продолжить. На частично эродированных слоях 2, 4, 6, подвергшихся метаморфизму, в девоне накопились толщи андезитовой и базальт-андезитобазальтовой формаций. Последняя в сочетании с подстилающим слоем метаморфизованных базальтоидов (модельным слоем б) представляла БС в ее автохтонной позиции, соответствующей вулканоплутоническому поясу. Нормальные и опрокинутые залегания толщ Полярного Урала могут быть вписаны в математическую модель адвекции.

Принимая во внимание то, что крупные блоки бедамельской серии принадлежат Центрально-Уральскому поднятию, являются древними аллохтонами и в то же время представляют собой современные горы, можно высказать общие соображения о последующей геодинамике территории и об общих геодинамических причинах и закономерностях «роста гор».

Металлогенетические формации Полярного Урала как комплексы рудных и контролирующих их геологических формаций

Структурно-металлогенетическая зона	Рудная формация	Структурно-вещественный тип месторождения	Месторождения (рудопоявления)	Рудоконтролирующие геологические формации		Рудообразующая (или процесс)
				Рудомещающая	Рудоносная	
Елецкая	Барит-свинцово-цинковая	Баритовый стратиформный	Собское	Углеродисто-карбонатная		
	Свинцово-цинковая в карбонатных толщах	Свинцово-цинковые в карбонатных толщах (Миссийские)	Саурей	Углеродисто-терригенно-карбонатная		
	Медистых песчаников	Стратиформный вкрапленный медистых песчаников	Саури-Пэ	Конгломератно-песчано-алевролитовая (пестроцветная)		
Тельпосская	Золото-пирит-арсенопиритовая	Прожилково-вкрапленный золото-сульфидный в вулканических толщах	Нижояское, Нижояское, Верхнелекельецкое	Андезитобазальтовая в группе нерасчлененных метаморфизованных и неметаморфизованных вулканогенных и вулканогенно-осадочных формаций	Габро-диорит гранитная	
	Золото-сульфидная (может сопрягаться с золото-известково-силикатной)	Золото-сульфидный прожилково-вкрапленный в интрузивах и вмещающих породах	Молодежное, Комсомольское	Габро-диорит-плагитогранитная и аполарцбургитовых серпентинитов	Габро-диорит-плагитогранитная	
	Золото-колчеданно-полиметаллическая	Золото-барит-колчеданно-полиметаллический стратиформный	Брусничное	Риолит-базальтовая и андезитодацитовая в группе нерасчлененных метаморфизованных вулканогенных формаций	Риолит-базальтовая и андезитодацитовая	
Бедамельская	Медно-магнетит-скарновая	Прожилково-вкрапленный медно-магнетит-скарновый	Северное	Габро-диорит-гранодиоритовая	Габро-диорит-гранодиоритовая	
	Молибден-медно-порфировая	Молибден-медно-порфиновый	Лексан-Тальейское	Андезитобазальтовая + габро-диорит-гранодиоритовая	Габро-диорит-гранодиоритовая	

Продолжение таблицы

Орангская	Золото-углеродистая надформация	Рудопроявление верховьев р. Большая Уса	Алевролит-глинисто-сланцевая	Габро-диорит-гранодиоритовая	Региональный метаморфизм
	Колчеданно-полиметаллическая в терригенно-сланцевых толщах	Нижне-Талотинское	Алевролит-глинисто-сланцевая		
Тышорская	Молибден-медно-порфировая	Лаптажское	Песчаноцветная	Габро-диорит-гранодиоритовая	
	Колчеданная в вулканогенных толщах	Тышор	Аполюкано-осадочных сланцев (совмещение риолит-базальтовой и терригенно-углеродистосланцевой формаций регионально метаморфизованных)		
Харбейская	Золото-кварцевая	Мало-Харбейское	Амфиболит-гнейсовая и метатерригенная	Группа габро-гранитоидных формаций	Региональный метаморфизм
	Молибден-кварцевая	Харбейское	Метатерригенная		
Войкарско-Сыумкеуская	Тантал-ниобиевая	Тайкеуское			
	Хромитовая	Райзекое			
Новогодненская	Золото-сульфидно-магнетитовая в скарнах	Новогоднее-Монто	Известняковая рифогенная + андезит-базальтовая	Габро-монцонит-гранитная	
	Золото-сульфидно-кварцевая	Ханмешпорское	Андезитобазальтовая	Габро-монцонит-диорит-гранодиоритовая	
Тектонические зоны с телами серпентинитов, пересекаемых гранитоидами	Золото-известково-силикатная	Коллибри, Комсомольское, Молодежное	Аподунит-гарцбургитовых серпентинитов и тальцитов	Группа габро-гранитоидных формаций (габбро-диорит-гранодиоритовая, плагиогранитная)	Группа габро-гранитоидных формаций

Дунит-гарцбургитовая

Подъем (подток) глубинных масс на востоке Урала должен был сопровождаться их оттоком на западе (в пассивной окраине). Поднятые массы земной коры неизбежно размывались, и это фиксируется накоплением флиша D_3-C_1 (например, зилаирская свита на западе Южного Урала). Возрастание гравитационного потенциала за счет поднятия глубинных масс большой плотности может компенсироваться не только путем размыва, но и путем сползания масс с поднятия, т.е. образованием шарьяжей.

Примером этого может служить аллохтонный гипербазитовый массив Крака, тектонически налегающий на флиш зилаирской свиты. Сгруженный аллохтон, в известной мере, компенсирует, а в отдельных случаях и перекомпенсирует гравитационный потенциал, до этого сниженный при оттоке глубинных масс на западе. В силу высокой гипсометрии земной поверхности аллохтонный блок разрушается. Продукты разрушения сносятся главным образом в раннюю впадину — передовой прогиб. Разрушение уменьшает гравитационный потенциал блока гор (Центрально-Уральского поднятия) и под него начинают подтекать глубинные массы (в данном случае из-за восстановления изостазии), приводящие к подъему основания блока. Поэтому в нижней части блока начинают подниматься речные террасы, а вершина блока продолжает разрушаться. Подъемом террас и характеризуют «рост гор». Подъем основания блока может вызвать образование антиформы и, соответственно, изгиб поверхности древнего шарьяжа. Современные падения поверхности Главного Уральского разлома (древнего шарьяжа) могут также частично обуславливаться таким процессом [1].

Металлогения. Типы рудных месторождений, связь их со структурно-формационными комплексами и геологическими формациями Полярного Урала отражены на рис. 2 и в таблице. При составлении таблицы использован фактический материал, содержащийся в литературных источниках [11, 15 и др.] и государственных геологических картах. С учетом существующих подходов металлогении рудоконтролирующие геологические формации разделены по их роли в рудном процессе. Их комбинации позволяют выделять металлогенические формации [13]. Помимо геологических формаций, в систему включен региональный метаморфизм как рудообразующий процесс [3].

В Уральском металлогеническом суперпоясе территория Полярного Урала может рассматриваться в ранге металлогенической области. При этом позиция данной области отвечает одному из волновых всплесков эндогенной активности, которые периодически повторяются вдоль Урала с шагом око-

ло 300 км [2]. На основании этого Полярный Урал отнесен к категории суперрайона, что является одним из критериев его положительной перспективной оценки при мелкомасштабном прогнозе. Тектоника и геодинамика области отразились в своеобразии размещения рудоносных территорий и месторождений. Во-первых, из-за крупноамплитудных горизонтальных перемещений оказались пространственно сближенными месторождения, первоначально образованные в удаленных друг от друга формационных и фациальных зонах. Такова близость Елецкого и Тельпосского комплексов с месторождениями, характерными для западной пассивной континентальной окраины Уральского квазиокеанического палеозойского бассейна, с одной стороны, и Бедамельского комплекса с месторождениями, присущими восточной активной окраине, с другой. Во-вторых, ряд комплексов в аллохтонах фрагментирован. Это затрудняет из-за «пятнистого» чередования разных комплексов выделение структурно-металлогенической зоны как пространственного размещения определенного структурно-формационного комплекса. Фрагментарность продуктивных комплексов формаций создает еще одну трудность. Если при протяженном непрерывном распространении комплекса можно наметить наиболее продуктивные его части как места развития надочаговых рудно-магматических систем (магматогенно-рудных узлов), определяющих усредненную удельную продуктивность геологической формации, то при фрагментарном его наличии удельная продуктивность становится менее предсказуемой. Узнать попали ли во фрагмент надочаговые области или малоперспективные межочаговые можно лишь при более детальном фациальном анализе геологических формаций. Обоснованная перспективная оценка территории требует использования более крупного масштаба исследований.

В целом же по ассоциации металлогенических формаций, принадлежащих главным образом палеозойской металлогенической эпохе, Полярный Урал сопоставим с более южными частями Урала. Поэтому при оценке перспектив его рудоносности можно использовать те же критерии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышев А.Н. Периодические геодинамические и металлогенические системы, их развитие и взаимодействие. – М.: ЦНИГРИ, 1999.
2. Барышев А.Н. Позиция крупнейших рудных районов и узлов в системе адвективных структур Земли // Отечественная геология. 2001. № 2. С. 6–11.
3. Барышев А.Н. Направление миграции золота и его локализация в метаморфизованных терригенных тол-

- цах // Мат-лы 5-го Уральского литологического совещания. Екатеринбург, 2002. С. 25–27.
4. *Барышев А.Н.* Позиция и возраст бедамельской серии: значение для понимания геодинамики и металлогении Полярного Урала // Уральский геологический журнал. 2002. № 6 (30). С. 29–32.
 5. *Барышев А.Н.* Субдукция и проблемы ее палеореко-
струкция // Отечественная геология. 2004. № 2. С. 50–62.
 6. *Беляков Л.Н., Дембовский Б.Я.* Тектоника Полярного Урала и Пай-Хоя в свете новых данных // Метаморфизм и тектоника западных зон Урала. Свердловск, 1984. С. 121–125.
 7. *Гончаров М.А.* Механизм геосинклинального складкообразования. – М.: Недра, 1988.
 8. *Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г.* Глубинная геодинамика. – Новосибирск: НИЦ СО РАН, 1994.
 9. *Душин В.А.* Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. – М.: Недра, 1997.
 10. *Золотоносность Урала.* Объяснительная записка к карте золотоносности Урала масштаба: 1:1 000 000 / Н.К.Курбанов, П.С.Ревякин, П.Г.Кучеревский и др. – М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2005.
 11. *Контарь Е.С., Либарова Л.Е.* Металлогения меди, цинка, свинца на Урале. – Екатеринбург: Уралгеолком, 1997.
 12. *Коротеев В.А., Язева Р.Г., Иванов К.С., Бочкарев В.В.* Палеозоны субдукции в геологической истории Урала // Отечественная геология. 2001. № 6. С. 50–57.
 13. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
 14. *Нияшорский комплекс габбродолеритовый гипабиссальный — петротип на Полярном Урале / А.П.Прямоносков, Т.В.Телегина, А.Е.Степанов и др.* // Уральский геологический журнал. 2001. № 1 (19). С. 93–95.
 15. *Овчинников Л.Н.* Полезные ископаемые и металлогения Урала. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.
 16. *Пейве А.В.* Разломы и тектонические движения // Геотектоника. 1967. № 5. С. 8–23.
 17. *Перфильев А.С.* Формирование земной коры Уральской эвгеосинклинали // Тр. ГИН АН СССР. 1979. Вып. 328.
 18. *Прямоносков А.П., Степанов А.Е., Бороздина Г.Н.* Новые данные о возрасте отложений бедамельской серии в пределах Манитаньрдско-Пайпудынского блока (Полярный Урал) // Уральский геологический журнал. 2000. № 3 (5). С. 77–81.
 19. *Савельева Г.Н.* Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре. – М.: Наука, 1987.
 20. *Шмидт А.И., Коган Б.С.* Некоторые черты геологического строения и магматизм Оченырдынского антиклинория (западный склон Полярного Урала) // Проблемы магматизма западного склона Урала. Свердловск, 1972. С. 65–88.
 21. *Язева Р.Г., Бочкарев В.В.* Войкарский вулcano-плутонический пояс (Полярный Урал). – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 550.42:549.283 (571.6)

© Коллектив авторов, 2007

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗОЛОТА В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ БОДАЙБИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Н.В.Вилор, М.Г.Кажарская, Е.В.Чупарина (Институт геохимии СО РАН), В.В.Коткин (ВостСНИИГГИМС Роснедра МПР России), С.Ю.Дейс (Ленская золоторудная компания)

Для разведываемых и разрабатываемых месторождений приведена структурно-минеральная типизация и расширены представления о стадийности минералообразования. Рассмотрено распределение золота в рудных столбах месторождений прожилково-вкрапленного (Голец Высочайший, Западное), кварцево-жильного зон и штокверкового типов с участием зон сульфидизации (Верный, Первенец, Копыловский). В ряду структурно-вещественной типизации месторождений крайние позиции занимают два основных типа — сульфидно-прожилковый и кварцево-жильный. Все разнообразие существующих составов рудных зон соответствует количественным соотношениям между ними, образуя практически непрерывный ряд промежуточных структурно-минералогических групп. В Маракано-Тунгусском узле выделен золото-сульфидно-мышьяковый рудный подтип с устойчивым влиянием мышьяка на распределение золота. Показана актуальность оценки крупных запасов руд, ординарных по содержанию золота, связанных с зонами региональных сульфидно-карбонатных метасоматитов.

Ленский район, широко известный в прошлом высокой степенью подготовленности запасов многочисленных и богатых россыпей, издавна имеет репутацию золотоносной провинции с преимущественно россыпной специализацией. Район по-прежнему сохраняет высокое место в золотодобыче России благодаря успешной отработке многочисленных россыпных объектов, наряду с которыми все более заметное место занимают рудные место-

рождения. Многолетней успешной добыче золота из ленских россыпей соответствует богатый количественный потенциал мелких и средних коренных месторождений. Поэтому Ленская золотоносная рудно-россыпная провинция, от северной части Байкало-Патомского нагорья и левобережья р. Витим (на юге) до правых притоков р. Лена с верховьями на Тонодском поднятии (на севере), постепенно изменяет свой первичный имидж, так как на ее



Рис. 1. Соподчиненность металлогенических подразделений в Ленском регионе

территории неуклонно повышается добыча рудного золота. Для региона предложена следующая схема металлогенических подразделений (рис. 1).

Основные запасы рудного золота сосредоточены в месторождении Сухой Лог. Но работают еще три рудника с мощностями ЗИФ до 1 млн. т/год. Одно месторождение находится на стадии переоценки в связи с предстоящим 3-кратным наращиванием мощности ЗИФ, на двух проводится доразведка с одновременным сооружением ГОКов. Рудные месторождения дали в 2005 г. 2498 кг золота (в 2004 г. 1502 кг), что больше 15% общего количества полученного металла, составившего по Иркутской области 15,2 т на 2005 г. по сравнению с 15,713 т на 2004 г. [1] при имеющихся благоприятных перспективах наращивания производительности рудников.

После периода интенсивного геологического изучения района в 50–60-е годы прошлого века, озаглавленного изданием фундаментальных публикаций ведущих геологов ЦНИГРИ С.Д.Шера [13, 14], Ю.П.Казакевич с соавторами [8], С.П.Стороженко, В.Д.Аmineва, Л.Н.Николаевой [9] и многих других, впервые выявивших основные геологоструктурные и минералогические разновидности реальных рудных источников россыпей, и многолетними исследованиями В.А.Буряка [2–5], разработавшего генетическую типизацию продуктивного золотого оруденения, продолжалось накопление фактов при изучении крупных (Сухой Лог) [8] и доразведке менее значительных рудных объектов.

Проблемы первоначальной подготовки рудной базы Бодайбинского рудного района могут удовлетворительно решаться благодаря имеющемуся обширному нераспределенному фонду слабо изученных месторождений, рудопроявлений и потенциально рудоносных площадей. Их дальнейшая оценка и промышленное освоение возможны при эффективных экспрессных методах оценки [11]. В стадию разработки и предэксплуатационного доизучения рудных месторождений накапливается информация как об их структурно-вещественных особенностях, так и о распределении золота в рудных зонах и рудных телах. Эти материалы создают основу для выявления подобия структурных позиций, рудно-минералогических и геохимических типов руд, распространенных в районе.

Типы и факторы локализации оруденения. Основным типом рудных источников многочисленных богатых россыпей в течение долгого времени традиционно считался кварцево-жильный. Однако сосуществование нескольких разновидностей россыпного золота, различающихся по гранулометрии и составу [9], связывалось с некоторым, очевидно,

не менее распространенным структурно-вещественным типом руд. Его существование стало несомненным после открытия сульфидно-прожилкового и сульфидно-вкрапленного оруденения на месторождениях Голец Высочайший и Сухой Лог.

В ряду структурно-вещественной типизации месторождений крайние позиции занимают два основных типа — сульфидно-прожилковый и кварцево-жильный. Все разнообразие существующих составов рудных зон соответствует количественным соотношениям между ними, образуя практически непрерывный ряд промежуточных структурно-минералогических групп. И в нем безусловно преобладает тип кварцево-жильных зон и штокверков, к которым относится большинство обнаруженных и в разной степени оцененных рудных объектов, особенно в Бодайбинском и Маракано-Тунгусском рудных узлах. Этот тип охватывает кварцево-прожилковый штокверковый подтип и его аналог, но с участием зон сульфидизации. Кроме того, в контурах зон регионального сульфидно-углекислотного метасоматоза [13], иногда на регрессивной стадии продвигающихся из зеленосланцевой фации за изограду граната, выделяются протяженные блоки металлоносных гидротермалитов с невысоким содержанием золота, но включающие его крупные запасы. С ними связаны все выработанные богатые россыпи, в контурах которых располагаются рудные месторождения. Поэтому необходима геолого-экономическая оценка этого нового для района рудно-минерального типа. Проводить ее следует с учетом кондиций качества руды, критериев оконтуривания рудных тел и высокотехнологичных способов разработки. Таким образом, вещественно-структурные соотношения руд подразделяются на четыре типа с участием минеральных разновидностей — подтипов (рис. 2).

Месторождения характеризуются единством структурного плана, поздне- и постметаморфической эпохой рудообразования с последующими стадиями переотложения рудного вещества [7]. Детальные исследования [8] показали полихронность и многофакторность рудного процесса. Очевидно, что образование золотого оруденения происходит под влиянием суммы факторов, общих для большинства месторождений, создающих определенные черты формационного единства при обычно низком (не более 3–5%) содержании сульфидов. Факторы рудолокализации следующие: литологический — приуроченность к черносланцевым и высокоуглеродистым толщам и горизонтам; структурный — анизотропия прочностных свойств вмещающих пород, зоны антиклиналей со смятием в ядре и на крыльях, наложение поперечных латент-



Рис. 2. Схема основных типов рудных месторождений

ных деформаций; геохимический — сульфидно-карбонатный профиль рудовмещающих толщ с высоким кларком Au, локальные кислотно-щелочные геохимические барьеры; метаморфический — зональный региональный метаморфизм, наложение регрессивных фаз на соседние зоны, проявления реювенаций и поздних гидротермальных генераций; магматический — увеличение уровня золотоносности и усложнение состава руд в апикальных частях глубоко залегающих интрузивных, возможно, гранитных куполов. По сочетанию признаков рудолокализации месторождения региона соответствуют золото-сульфидной рудной формации (сульфидно-прожилковый тип) и золото-кварцевой для типичных кварцево-жильных и штокверковых объектов [10].

Независимо от типовой принадлежности месторождений отчетливо выражена общая для всех объектов стадийность рудоотложения:

I. Литогенетическая стадия — образование диагенетически-эпигенетического пирита в ассоциации с линзами фтанитов-лидитов в металлоносных углеродистых горизонтах.

II. Колчеданная стадия включает процесс гидротермального переотложения пирита и образования зон сульфидизации с появлением вкрапленных, линзовидных и конкрециевидных тонко- и мелкозернистых форм пиритовой минерализации, ассоциирующих по времени с развитием прогрессивной метаморфической зональности Мамско-Бодайбинского метаморфического комплекса.

III. Сульфоарсенидная стадия выражена преобразованием зон сульфидизации, возникновением многократных генераций кварц-сульфидных про-

жилков и рудных столбов с высокими концентрациями золота. Уровню III-A подстадии соответствует собственно золото-кварц-арсенопиритовое прожилково-вкрапленное оруденение месторождений Верный — Александр Невский и Чертово Корыто. Предполагается его локализация в апикальных частях невоскрытых интрузивных куполов.

IV. Золото-кварцево-жильная стадия структурно конформна в распределении массы жил к зонам сульфидной минерализации, но более поздняя в возрастном отношении при отчетливо секущих взаимоотношениях, несет полиметаллическую сульфидную ассоциацию с золотом, имеет заключительную подстадию отложения железистого доломита, мусковита и отдельных колломорфных скоплений Fe-хлорита.

V. Стадия завершающей аргиллизации преимущественно проявлена в Маракано-Тунгусском рудном узле, представлена кислотным выщелачиванием углеродистых метасоматитов, разложением их углеродистого вещества и карбонатной части, выносом серы, мышьяка, золота, привнесом калия в новообразованные гидрослюды и переотложением железа с появлением мелких мономинеральных гематитовых тел в центральных частях метасоматических колонок.

С региональными метасоматитами (карбонатно-слюдисто-пиритовое замещение песчанико-сланцевого субстрата), прослеженными на десятки километров по осевым поверхностям продольных гребневидных антиклиналей, связаны все типы оруденения. При ширине выходов до первых километров их метасоматическая зональность включает внешнюю серицит-кварцевую с магнизиально-же-

Минеральная фаза	Тип оруденения								
	сульфидно-прожилковый			кварцево-жильный					
	Метасоматические зоны								
	I	II	III	I	II	III	IV	V	VI
Пирротин									
Пирит									
Кварц									
Анкерит									
Кальцит									
Хлорит									
Мусковит									

Рис. 3. Метасоматическая зональность региональных метасоматитов в Бодайбинском рудно-россыпном районе

лезистыми карбонатами, карбонатизированную промежуточную и окварцованную с сульфидами внутреннюю зоны [6] (рис. 3). Сульфидно-прожилковый тип золотого оруденения сопровождается региональной колонкой изменений из трех зон с преимущественным развитием ассоциации серицит+Mg-Fe карбонат+пирит+пирротин. В зональности новообразований, сопровождающих кварцево-жильный тип, присутствуют шесть зон за счет появления в парагенезисах кальцита и хлорита. Метасоматические колонки с симметричным строением, образующиеся на сводах антиклиналей, обычно представлены на крыльях фронтальными зонами.

Распределение рудных концентраций золота. Рудные концентрации золота формируются на месторождениях в III и IV стадии рудогенеза. Их структурно-вещественный тип определяется суммой факторов, контролирующей динамику рудокализации и, соответственно, морфологию и строение рудных тел. Типовые представители рудных месторождений пока немногочисленны.

Разработка руд прожилково-вкрапленного типа с сульфидно-кварцевым составом ведется на месторождениях Голец Высочайший и Западное.

Месторождение Голец Высочайший находится на левом берегу р. Хомолхо в составе Хомолхинского рудного узла на своде Каменской антиклинали. Подсчитанные ресурсы, даже при небольших стартовых запасах золота высоких категорий с содержаниями около 2–4 г/т, позволили запустить ЗИФ мощностью 1 млн. т руды в год и поднять добычу с 245 кг в 2003 г. до 2028 кг в 2005 г.

Рудное тело представляет собой залежь на поперечном изгибе шарнира лежачей складки длиной 1,5 км и мощностью 70–100 м (рис. 4, а), приуроченную к углеродистой тонкозернистой терригенно-карбонатной части нижней подсвиты хомолхинской свиты. Оруденение размещается вблизи изог-

рады биотита региональной метаморфической зональности. Рудная масса представлена углеродистыми филлитами и алевролитами, содержащими обильную вкрапленность и тонкие прожилки пирита, линзы пирротина, кварцевые и кварц-сульфидно-карбонатные прожилки. Переход между сульфидно-вкрапленными рудами и вмещающими породами постепенный.

Золото распределяется неравномерно по межслоевым прожилкам и трещинам, в сростках и во включениях в сульфидах. Форма частиц пластинчатая, чешуйчатая, комковидная при размерах: <0,5 мм 50%, 0,5–1 мм 40%, 1–5 мм 10%. Проба золота из сульфидов 795–808, из жильного кварца 900–930. По распределению концентраций золота рудная залежь разделяется на два рудных тела — Западное и Восточное, отрабатываемых одновременно в едином карьере (см. рис. 4, а). Рудные столбы почти изометричны, располагаются по простиранию рудного тела и разделены менее золотоносными интервалами (см. рис. 4, б, в).

Месторождение Западное расположено на западной периклинали антиклинали Сухого Лога, сопутствует основному Сухоложскому рудному телу, протяженность его по простиранию 1–1,1 км, по падению около 700 м. Представлено залежью прожилково-вкрапленных сульфидных руд сложной формы, в целом близкой к пластообразной. Погружается на север (азимут 8–12°) под углом не более 20°. Руды представлены углеродистыми алевролитами и микросланцами с вкрапленностью и мелкими прожилками пиритового и пирито-кварцевого составов. Общее содержание сульфидов не более 1,3–2,5%. Минеральный тип руд золото-пиритовый, более простой по набору редких сульфидов, чем на Сухом Логе, при незначительной платиноносности. Содержание Au 1–4 г/т, в среднем 2,4–2,7 г/т. На месторождении смонтирована ЗИФ, расположенная вблизи карьера. Добыча золота в 2005 г. составила 420 кг. В процессе отработки и дополнительной разведки выявлено три рудных тела, разделенных безрудными интервалами мощностью до первого десятка метров. Наиболее крупное рудное тело 1 имеет трубообразную форму, на глубине переходит в пластовую залежь (рис. 5, а). Рудные линзы с содержаниями золота от 5 г/т и более располагаются по склонению рудного тела и прослежены до проектной глубины карьера (см. рис. 5, б).

Месторождение Верный расположено в замковой части одноименной антиклинали в 11 км к югу от Сухого Лога на площади Маракано-Тунгусского рудного узла и локализовано в верхах нижней части разреза аунакитской свиты, сложенной чередованием углеродистых песчано-сланцевых пакетов,

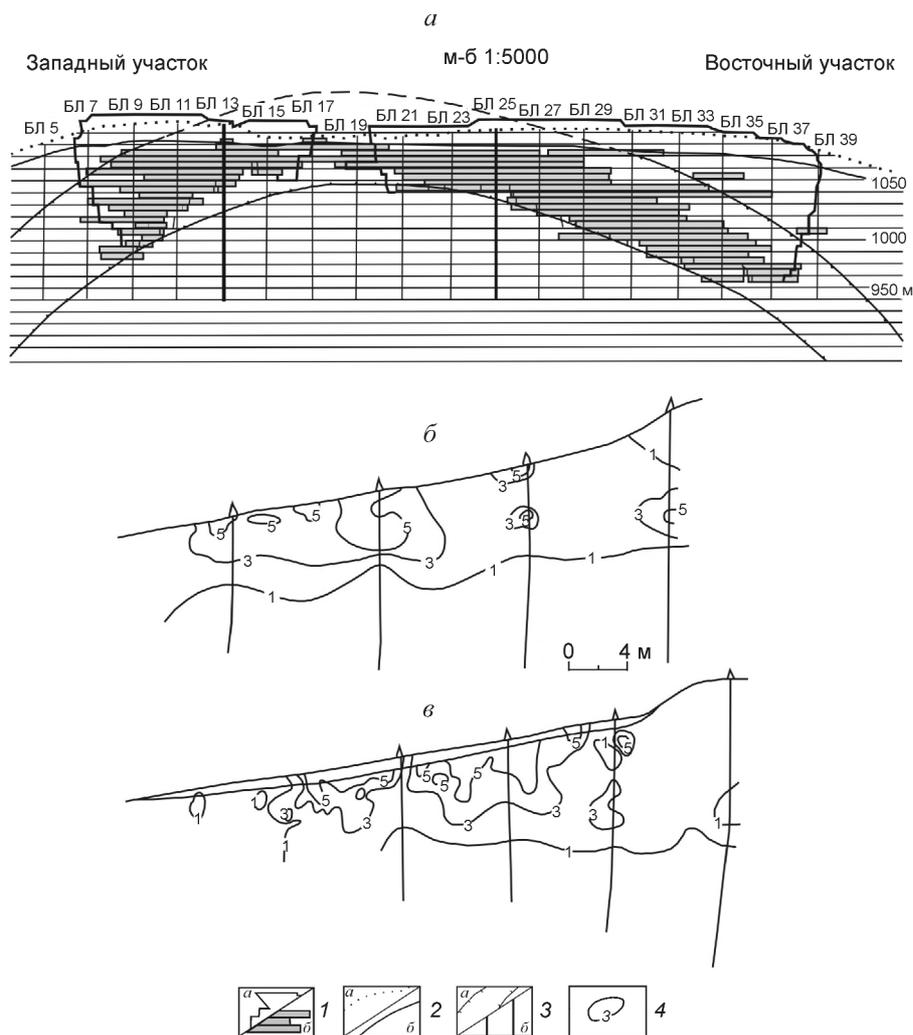


Рис. 4. Распределение золота на месторождении Голец Высочайший:

a — продольная проекция распределения запасов; распределение Au в поперечных сечениях Западного (*б*) и Восточного (*в*) рудных тел; 1 — границы отработки (*a*), блоки подсчета запасов (*б*); 2 — поверхности контура подсчета запасов (*a*) и отработки (*б*); 3 — контуры рудной зоны (*a*), линии буровых разрезов (*б*); 4 — линии равного содержания Au, г/т

текстурно близких к ритмитам. Литологической особенностью рудной пачки кварцево-сланцистого состава, кроме отдельных слоев и конкреций черных доломитов, является присутствие линз фланинтов и лидитов. Рудная масса обычно представлена высокоуглеродистыми филлитизированными тонкозернистыми породами с вкрапленностью пирита, арсенопирита, субогласными кварц-сульфидными прожилками. Крупные штокверки совместно с мощными кварцевыми жилами образуют рудное поле, охватывающее сжатую запрокинутую на юг сводовую часть складки. Прослежено с юго-востока на северо-запад (азимут 330–340°) в среднем на 1200–1400 м, по падению на 750–400 м.

Выделены пять крупных рудных зон. Зоны Первенец и Северная детально изучены и отрабатываются карьерами. Северная зона 1 висячем крыле Вернинской антиклинали включает три рудных подзоны (рис. 6, *a*). Верхняя подзона № 1 прослежена на 1,6 км по простиранию, на 900 м по падению при мощности 70–150 м. Подзона № 2 находится в лежачем крыле складки, ниже маркирующего слоя песчаных доломитов при протяженности 600 м по простиранию, 160 м по падению. Подзона № 3 залегает в ядре структуры на глубине 200–300 м вдоль ее осевой поверхности, в длину прослеживается на 800 м, на глубину — до 300 м при мощности 10–35 м. К нему примыкает Цент-

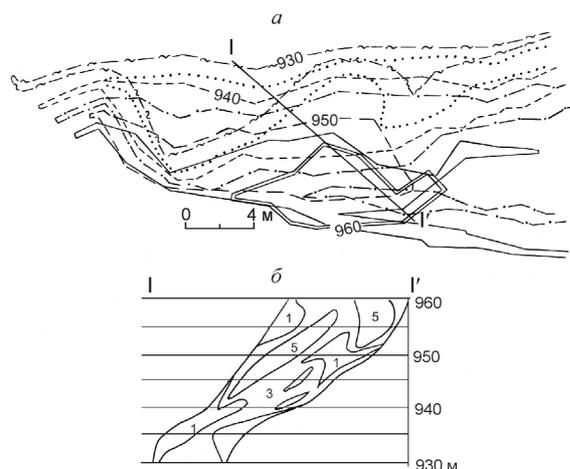


Рис. 5. Рудное тело 1 месторождения Западное:

a — последовательное совмещение погоризонтных планов рудного тела; *б* — поперечное сечение тела по линии I-I'; 1-5 — линии равного содержания Au, г/т

ральная кварцево-жильная зона. Рудное тело 1 расположено в восточной части (см. рис. 6, б) подзоны № 1, вскрыто карьером и представлено двумя сближенными рудными столбами. Повышенные концентрации золота связаны с сульфидно-кварцевым штокверком в виде линзы, удлинённой под некоторым углом к доминирующему простиранию углеродистых ритмитов, маркированному протяженными пластами кварцево-слюдистых песчаников. Залежь прослежена на 730 м по простиранию и на 850 м по падению, полого погружается на северо-запад под углом 15° (см. рис. 6, в). Контуры двух рудных столбов с содержаниями золота более 2,7 г/т определяются как контактовыми поверхностями отдельных слоев, так и экранирующими полосами предрудной трещиноватости. На крайнем восточном участке сплошного бороздового опробования с 10-метровым интервалом между линиями выявляется тонкая структура приуроченности концентраций золота к отдельным маломощным сульфидизированным прослоям и зонам кварц-сульфидных прожилков.

Содержания золота в рудах изменяются от ординарных 1,5–1,6 г/т до единичных ураганных

1. Распределение золотинок по классам крупности рудного тела 1 месторождения Верный

Класс крупности, мм	Содержание класса, % отн.
+0,25	До 3,5–16
-0,25+0,1	До 23–37
-0,1+0,07	До 10,8–1
-0,07	До 36–62,5

328 г/т при средних 2,91 г/т. Преобладают дендритовидные, чешуйчатые золотины и формы тонкого трещинного заполнения, классы крупности которых представлены в табл. 1. Проба золота 922–962. В составе руды с Au 2,91–3,0 г/т содержатся, %: S 2,27–2,99, As 0,49–0,85, C 2,4–2,5.

К объектам кварцево-жильных зон и штокверков с кварцево-прожилковым подтипом оруденения, на которых работают горные предприятия, относятся объект Копыловский и зона Первенец. Объект Копыловский находится в составе полосы региональных углеродисто-карбонатно-сульфидных метасоматитов (бассейн р. Большой Чанчик) и является типичным представителем рудных объектов Бодайбинского узла. Его кварцево-жильная зона и сопутствующие кварцевые штокверки подчинены литолого-стратиграфическому контролю с локализацией в ядре одноименной антиклинали, сложенном олигомиктовым углеродистым минерализованным горизонтом подсвиты № 3 догалдынской свиты. Оруденение располагается вдоль области смятия по осевой поверхности складки. Блоки с поперечным размером около 20 м, содержащие повышенные концентрации элементов ассоциации Au, Ag, As (с их наивысшими коэффициентами концентрации), соответствуют рудным столбам, расположенным по простиранию кварцево-жильной зоны с почти регулярным шагом 75–80 м. Среднее содержание Au не превосходит 2,1–3,5 г/т, пробность 913, содержание Ag до 9–10%.

Кварцево-жильная зона Первенец (Мараканто-Тунгусский рудный узел) расположена на южном фланге месторождения Верный, локализована в запрокинутом крыле одноименной антиклинали, сложенной углеродистой, кремнисто-терригенной толщей аунакитской свиты верхнего рифея. Главное рудное тело — зона сближенных кварцевых жил — приурочено к полосе смятия в висячем боку сдвига-взброса. Распределение концентраций золота в вертикальном продольном сечении рудного столба зоны Первенец имеет гнездово-полосчатый характер (рис. 7, а). Рудные объемы с содержаниями Au от 5 г/т и более удлиняются по склонению столба, протяженность которого уменьшается по падению. На поперечных горизонтальных и вертикальных сечениях главного рудного тела блоки с повышенными концентрациями золота выходят за пределы линзовидных кварцевых тел в окварцованные, сульфидизированные околорудные метасоматиты. Они разделены менее золотоносными 4–8-метровыми интервалами (см. рис. 7, б, в).

Влияние мышьяка на распределение золота. Геохимическое влияние мышьяка на распределение золота наиболее значительно на месторождениях

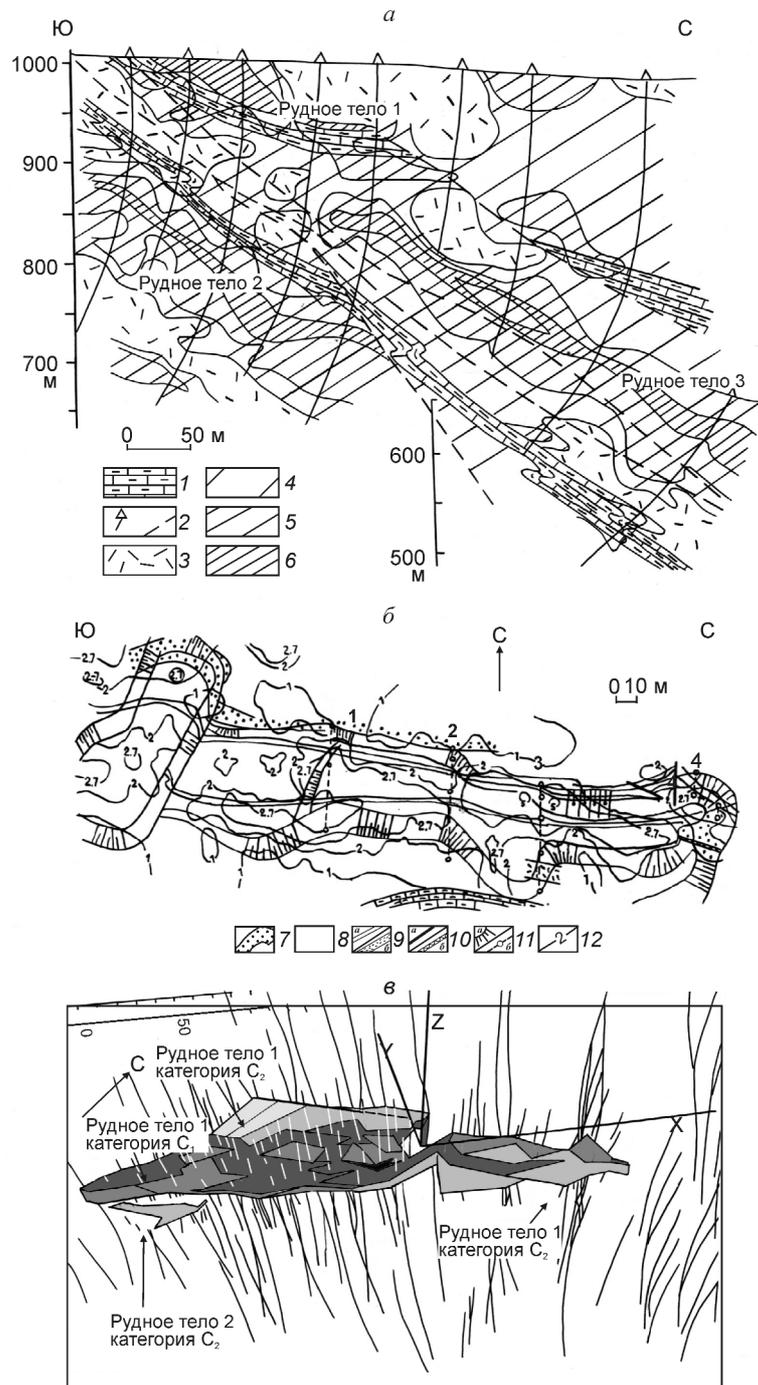


Рис. 6. Распределение золота на месторождении Верный:

a — структура месторождения и распределение Au в первичном литогеохимическом ореоле, буровая линия 21; *б* — распределение Au в рудном теле 1; *в* — распределение запасов по категориям; 1 — песчанистые доломиты; 2 — разломы; концентрации Au, г/т: 3 — <0,2, 4 — 0,2–0,6, 5 — 0,6–1, 6 — 1–3; 7 — слои метапесчаников; 8 — углеродистые ритмиты; 9 — кварцевые жилы (*a*), зоны окварцевания (*б*); 10 — зоны нарушений (*a*), зоны смятия (*б*); 11 — контуры разведочного карьера (*a*), линии геохимического опробования (*б*); 12 — линии равного содержания Au, г/т

Верный, Александр Невский и Чергово Корыто. На глубине в районе двух первых месторождений предполагается наличие интрузивного массива.

При геохимическом опробовании рудного тела 1 месторождения Верный расстояние между пробами выдерживалось 5–25 м при массе проб 250–300 г.

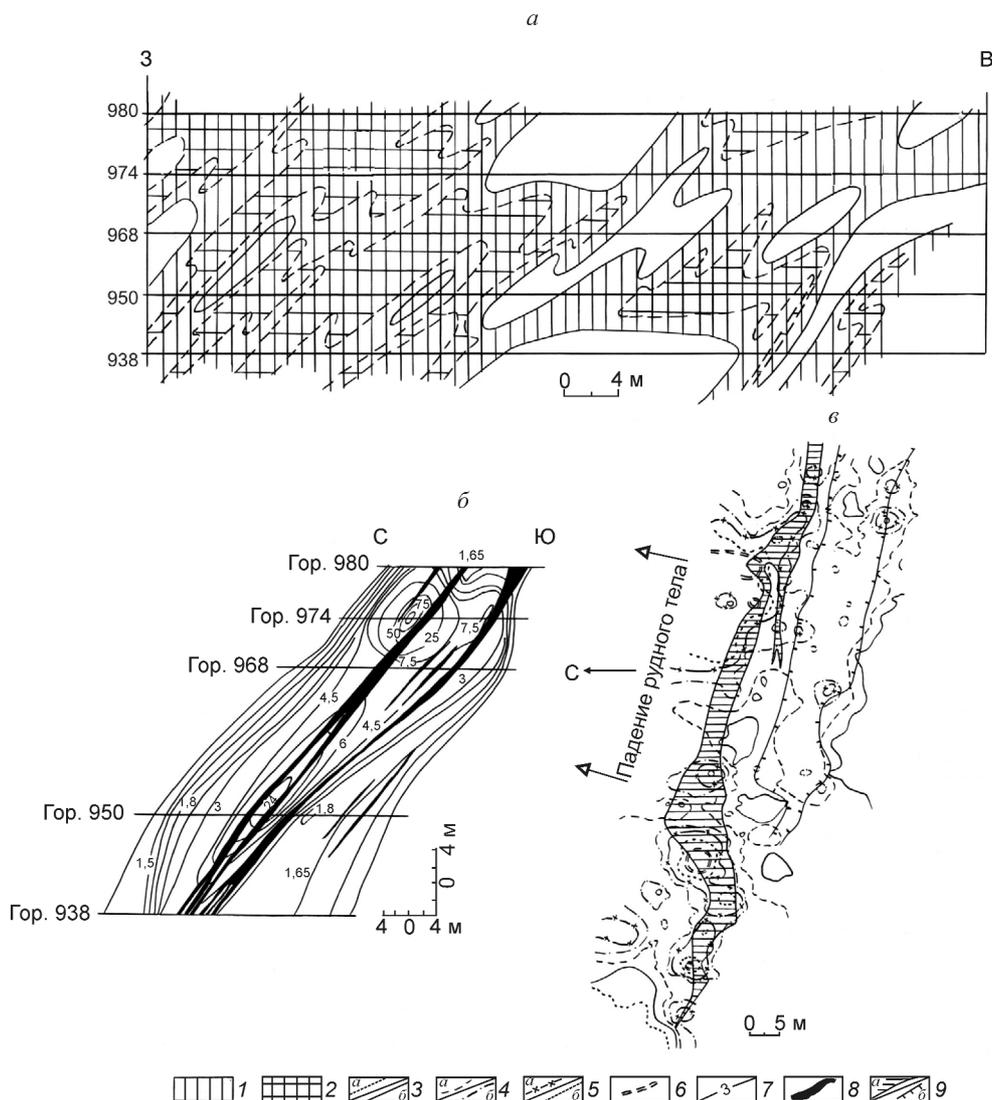


Рис. 7. Распределение золота в кварцево-жильной зоне Первенец:

a — в продольной проекции; *б* — в вертикальной поперечной проекции; *в* — в горизонтальной проекции на уступе 950 м; содержания Au, г/т: 1 — 3 и более; 2 — 5 и более; 3 — 0,6 (*a*), 1 (*б*); 4 — 2 (*a*), 3 (*б*); 5 — 5 (*a*), 12 (*б*); 6 — 24; 7 — линии равного содержания Au; 8 — кварцево-жильные зоны; 9 — основная жильная зона (*a*), сопутствующий штокверк (*б*)

Определяемые концентрации сопоставлялись с результатами рудничного бороздового опробования, проведенного по сетке 5'5 и 5г10 м. По данным пробирного анализа в лаборатории ЛЗРК в выборке по разведочному карьеру ($n=568$) $C_{\text{ср Au}} 1,697$ г/т, $\pm 1,263$, дисперсия 1,596. Присутствие корреляционных связей рудных и ореольных концентраций золота, серебра и мышьяка устанавливается на основании результатов атомно-абсорбционного анализа с чувствительностью 0,03 г/т (метод «печ-пламя»), 0,0003 г/т (метод соосаждения) и рентгенофлуоресцентного анализа с чувствительностью

0,0002% (весовых), полученных в Институте геохимии СО РАН.

В целом на месторождении распределение минерализации подчиняется структуре кварцево-жильных зон и кварц-сульфидных штокверков (см. рис. 6, б). По результатам геохимического опробования вдоль северного края вскрытого в карьере рудного тела 1 содержания золота выдерживаются на уровне 11–12 г/т, хотя их интервал достаточно широк от <0,03 до 60 г/т. Минералы, содержащие мышьяк, представлены мышьяковистым пиритом и арсенопиритом. Содержание As в пер-

2. Содержание Au и As в литологических разновидностях углеродистых ритмитов аунакитской свиты, вмещающих месторождение Верный

Порода	Содержание	
	Au, г/т	As, вес. %
Черный доломит	0,022	0,0025
Филлит	0,012	0,008
Тонко-мелкозернистый песчаник	0,38	0,026
Мелко-среднезернистый песчаник с вкрапленностью пирита в основании прослоя	4,6	0,04

вом при ассоциации с арсенопиритом не более 1,9–2,05% (весовых), но обычно не превосходит 0,15–0,16% за пределами арсенопиритовой вкрапленности и рудных зон. Золотоносность рассеянной сульфидной минерализации в последовательности литологических разновидностей углеродистых ритмитов, вмещающих месторождение, характеризуется связью, близкой к прямо пропорциональной между содержаниями Au и As (табл. 2). В рудных столбах участки высоких содержаний золота связаны с маломощными зонами пирит-арсенопиритовой вкрапленности и кварц-сульфидных прожилков протяженностью до 200 м, расположенных кулисно.

Коэффициент корреляции между содержанием золота и мышьяка в выборке проб ($n=63$) из рудного тела 1 равен 0,765. В штокверковой зоне между зоной Первенец и рудными телами месторождения Верный, где уровень золотоносности повышается в отдельных пробах до 14–16 г/т, коэффициент корреляции 0,687 ($n=19$) отражает тенденцию прямой статистической зависимости содержаний элементов.

Ассоциации с высокими коэффициентами контрастности мышьяка впервые выявлены в Бодайбинском рудном районе как геохимическая особенность месторождений типов золото-сульфидного и кварцево-жильных зон и штокверков с участием зон сульфидизации. Они выделяют золото-мышьяковую рудно-геохимическую пару, устойчиво присутствующую на некоторых месторождениях Маракано-Тунгусского и Кевактинского рудных узлов. В том числе отдельные блоки залежи Сухого Лога содержат до 300 г/т As с 10-кратным повышением по отношению к фону в ее нижней части (Поликарпочкин и др., 1982). Положительная статистическая геохимическая связь золота и мышьяка отражается полиномиальными, логарифмическими и линейными уравнениями корреляции:

$$\text{Сухой Лог } Au = -1,5996 + 0,052As,$$

Голец Высочайший $Au = 12,226 + 1,657 \ln As$,
зона Первенец $Au = 11,968 - 0,0097As + 3,9854 \cdot 10^{-5}As^2 - 8,7647 \cdot 10^{-8}As^3$,

Верный $Au = 2,591 + 3,197As$,

Копыловский $Au = 0,5626 - 112,31As + 7315,9As^2 - 78579As^3$,

а также коэффициентами корреляции от 0,3 ($n=114$) до 0,8 ($n=37$).

Наиболее устойчива корреляция Au–As в Вернинско–Александро-Невской части Маракано-Тунгусского узла. На всех рудных месторождениях минерально-структурного типа кварцево-жильных зон и кварц-сульфидных штокверков имеются реальные перспективы сооружения подземных рудников. Но потенциал Копыловского месторождения, содержащего крупное золото, пока не выяснен, так как на нем ведутся разведочно-эксплуатационные работы с уточнением запасов.

Проделанное исследование позволяет сформулировать следующие выводы.

В гомологическом ряду структурно-минеральных типов рудных месторождений золота в Бодайбинском рудно-россыпном районе наиболее перспективными по запасам и концентрациям золота являются объекты сульфидно-прожилкового, кварцево-жильного и штокверкового типов с соответствующими кварц-пиритовым и кварц-пирит-арсенопиритовым подтипами. Не менее актуально изучение крупных запасов ординарных руд, связанных с зонами региональных сульфидно-карбонатных метасоматитов для организации станций крупнообъемного кучного выщелачивания.

На месторождениях типа кварцево-жильных зон и штокверков с участием сульфидной минерализации наблюдается устойчивое распределение концентраций золота по простиранию и на глубину с эшелонированным по вертикали расположением рудных тел, что повышает перспективы их дальнейшего освоения путем организации подземных рудников.

Совмещенные первичные ореолы типичной для всех месторождений парагенетической геохимической ассоциации Au–Ag–As, иногда с участием Sb, служат прямыми поисковыми признаками высокопродуктивного оруденения. Однако появление арсенопиритовых парагенезисов приводит, вероятно, лишь к относительно небольшому возрастанию запасов, но способствует перераспределению золота и образованию контрастных по содержанию и более компактных рудных столбов с повышением доли дисперсного золота в рудах.

Бодайбинский рудный район, наиболее продуктивный по запасам и добыче в Ленской золотоносной провинции, обладает значительным фон-

дом месторождений типа кварцево-жильных зон и штокверков с участием сульфидной минерализации, залегающих в региональных зонах сернисто-углекислотного метасоматоза. Такие районы перспективны для создания крупных горных предприятий, добывающих руды, хотя и с невысоким содержанием золота, но использующих для извлечения металла высокопроизводительные технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брайко В.Н., Иванов В.Н.* Золотодобывающая промышленность России: итоги 2004 г. Перспективы на 2006 и ближайшие годы // Минеральные ресурсы России. 2005. № 3. С. 20–31.
2. *Буряк В.А.* О генезисе золоторудной минерализации центральной части Ленского золотоносного района // Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока. М., 1966. С. 66–100.
3. *Буряк В.А.* Метаморфогенно-гидротермальный тип промышленного золотого оруденения. – Новосибирск: Наука, 1975.
4. *Буряк В.А., Хмелевская Н.М.* Сухой Лог — одно из крупнейших золоторудных месторождений мира. – Владивосток: Дальнаука, 1997.
5. *Буряк В.А., Бакулин Ю.И.* Металлогения золота. – Владивосток: Дальнаука, 1998.
6. *Вилор Н.В.* Флюидный режим зональных метаморфических комплексов и проблема их золотоносности. – Новосибирск: Филиал «Гео», 2000.
7. *Вилор Н.В., Феохтистова Л.П., Склярова О.А.* Рудно-геохимическая зональность краевого шва Сибирской платформы // Геология рудных месторождений. 2002. Т. 44. № 5.
8. *Казакевич Ю.П., Шер С.Д., Жаднова Т.П.* Ленский золотоносный район. – М.: Недра, 1971. Т. 1.
9. *Николаева Л.А.* Генетические особенности самородного золота как критерии при поисках и оценке руд и россыпей. – М.: Недра, 1978.
10. *Оценка* прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. «Золото». – М.: ЦНИГРИ, 2002.
11. *Ускоренная* геолого-экономическая оценка месторождений благородных металлов // Тр. ЦНИГРИ. 1987. Вып. 221.
12. *Формы* нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог (Россия) / В.В.Дистлер, Г.Л.Митрофанов, Л.К.Семейкина и др. // Геология рудных месторождений. 1996. Т. 38. № 6. С. 467–484.
13. *Шер С.Д.* О процессе лиственитизации осадочных пород в южной части Ленского золотоносного района (бассейн р. Бодайбо) // Тр. ЦНИГРИ. 1958. Вып. 24. Кн. 1. С. 37–48.
14. *Шер С.Д.* Металлогения золота. – М.: Недра, 1972.

УДК 553.491.8 (470.21)

© П.В.Припачкин, Т.В.Рундквист, 2007

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЛАТИНОНОСНОСТЬ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СОПЧИНСКОГО ПЛАСТА «330» (МОНЧЕГОРСКИЙ ПЛУТОН, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

П.В.Припачкин, Т.В.Рундквист (Геологический институт КНЦ РАН)

Приводятся новые данные о геологическом строении, сульфидной и платинометальной минерализации пласта «330» в восточной части массива Сопча Мончегорского ультрамафит-мафитового расслоенного комплекса. На участке детальных работ выявлено два мало мощных (2–5 м) расслоенных горизонта из чередующихся плагиоипроксенитов, норитов и массивных пироксенитов, в редких случаях — оливинных пироксенитов. Платинометальное оруденение в восточной части пласта «330» характеризуется содержанием ЭПГ+Au от 0,5 до 1,5 г/т, достигая в пегматоидных плагиоипроксенитах 2,5 г/т.

«Рудный пласт Сопчи» (пласт «330», «перидотитовый пласт») известен с начала 30-х годов XX в. как месторождение вкрапленных медно-никелевых руд. Особенности его геологического строения детально рассмотрены в работах Н.А.Елисеева, Е.К.Козлова, Е.В.Шаркова [3–6, 14]. В 80-е годы в рудах пласта «330» обнаружены минералы платиновых металлов [9]. В дальнейшем, в связи с ростом интереса к месторождениям элементов платиновой группы (ЭПГ), изучение этого пласта получило новый импульс [1, 2, 7, 8, 10, 12]. Геология и ЭПГ-минерализация пласта «330» целенаправленно изучались при поисковых работах в конце 90-х годов (Кольская ГМК, ОАО ЦКЭ, ОАО «Пана») [11]. В данной работе представлены результаты этих исследований в восточной части горы Сопча.

Массив горы Сопча принадлежит к субширотной ветви Мончегорского плутона и представляет собой расслоенную интрузию, в нижней части которой преобладают перидотиты, а в верхней — развита мощная ортопироксенитовая толща. Монотонность толщи ортопироксенитов нарушается присутствием тонко расслоенного пласта пород, который прослеживается на поверхности и буровыми скважинами на склонах горы Сопча на уровне высотных отметок 270–330 м.

По данным Д.А.Орсоева и В.Ф.Смолякина [12], морфология пласта «330» сложная: на разрезе меридионального направления он характеризуется мульдообразной формой, а на субширотном — полого падает на юго-восток. В западной части пласт имеет выдержанное залегание, а на востоке и юго-востоке представлен серией линзовидных тел. В центральной части горы Сопча пласт «330» разбит

на блоки серией субмеридиональных тектонических нарушений.

В составе пласта отмечаются отдельные перидотитовые и дунитовые тела сложной формы. Одни из них представлены тектонически смещенными

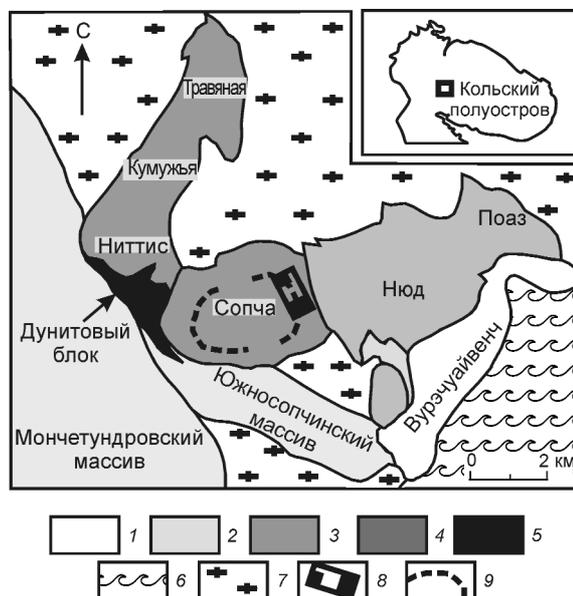


Рис. 1. Схема геологического строения Мончегорского района:

1 — метагабброиды массива Вурэчуайвенч; 2 — габброиды Мончетундровского и Южносопчинского массивов; 3 — нориты массива Нюд-Поаз; 4 — пироксениты и перидотиты массивов Ниттис-Кумужья-Травяная и Сопча; 5 — дуниты; 6 — вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга; 7 — гнейсы архейского фундамента; 8 — участок детальных работ; 9 — выходы пласта «330»

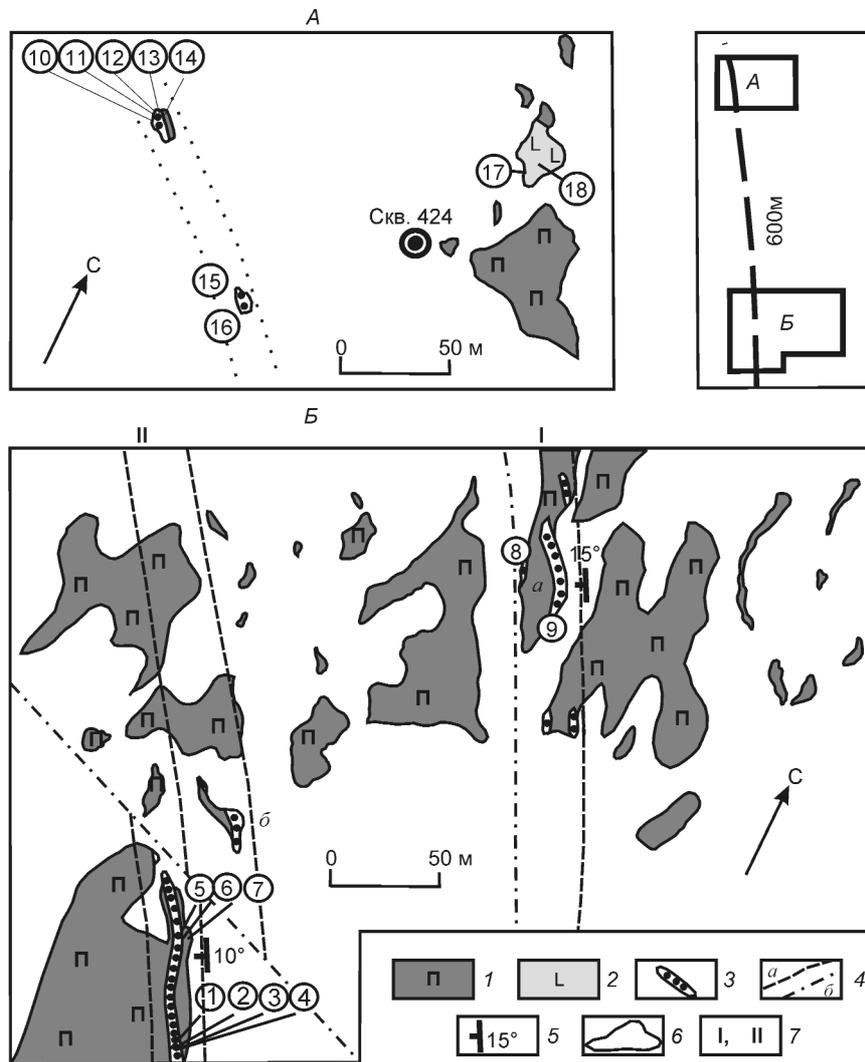


Рис. 2. Схемы геологического строения деталей участков (А, Б) на восточном склоне горы Сопча:

I — пироксениты; 2 — дуниты; 3 — выходы расслоенных пород пласта «330»; 4 — границы (а — развития пород пласта «330», б — тектонических зон); 5 — элементы залегания расслоенности; 6 — контуры коренных обнажений; цифры в кружках — места отбора проб (см. таблицу); 7 — расслоенные горизонты (I — нижний, II — верхний)

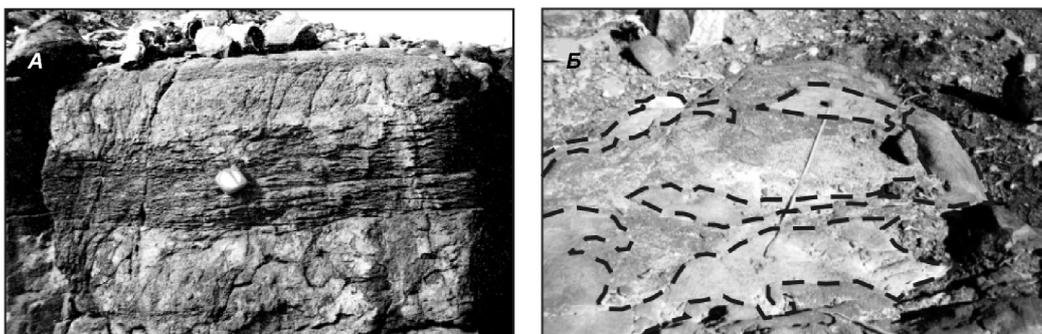


Рис. 3. Структурно-морфологические особенности верхнего (А) и нижнего (Б) горизонтов пласта «330»:

А — слои плагиопироксенитов с параллельной текстурой среди массивных пироксенитов (см. II на рис. 2, Б), размер рулетки 7 см; Б — обтекание блоков массивных пироксенитов изогнутыми слоями и линзами плагиопироксенитов и норитов с текстурами параллельной и течения (см. I на рис. 2, Б), пунктир — границы пород, лента рулетки — 1 м

Результаты опробования поверхности в восточной части горы Сопча

Номера проб	Длина борозды, м	Pt, г/т	Pd, г/т	Pd/Pt	Rh, г/т	Au, г/т	ЭПГ+Au, г/т	Ni, %	Cu, %	Cu/Ni	Co, %	S, %
1	0,40	0,042	0,12	2,86	0,015	0,023	0,200	0,10	0,054	0,54	0,006	0,21
2	1,0	0,044	0,32	7,27	0,015	0,024	0,403	0,16	0,044	0,27	0,006	0,17
3	0,55	0,062	0,43	6,93	0,016	0,025	0,533	0,19	0,080	0,42	0,008	0,28
4	0,55	0,045	0,30	6,67	0,010	0,025	0,080	0,12	0,032	0,27	0,006	0,08
5	0,80	0,060	0,67	11,17	0,022	0,036	0,788	0,10	0,10	1,0	0,007	0,21
6	0,90	0,11	1,17	10,64	0,038	0,054	1,372	0,31	0,14	0,45	0,008	0,51
7	0,80	0,032	0,30	9,37	0,014	0,027	0,373	0,15	0,026	0,17	0,004	0,22
8	Штуф	0,24	2,07	8,62	0,083	0,097	2,490	0,70	0,21	0,30	0,019	2,65
9	То же	0,051	0,21	4,12	0,013	0,026	0,300	0,21	0,16	0,76	0,012	1,18
10	0,60	0,069	0,43	6,23	0,011	0,025	0,535	0,057	0,006	0,10	0,006	0,02
11	0,40	0,11	0,75	6,82	0,030	0,047	0,937	0,18	0,14	0,78	0,007	0,41
12	0,60	0,062	0,18	2,90	0,011	0,031	0,284	0,088	0,021	0,24	0,005	0,07
13	0,70	0,13	1,22	9,38	0,035	0,061	1,446	0,39	0,20	0,51	0,009	1,04
14	0,70	0,048	0,22	4,58	0,018	0,037	0,323	0,063	0,009	0,14	0,005	0,02
15	Штуф	0,085	0,73	8,59	0,020	0,045	0,880	0,18	0,081	0,45	0,006	0,21
16	То же	0,12	0,83	6,92	0,036	0,070	1,056	0,14	0,12	0,86	0,007	0,34
17	»	<0,02	0,029		0,008	0,028	0,085	0,30	0,009	0,03	0,008	0,00
18	»	0,021	0,075	3,57	0,004	0,014	0,114	0,28	0,012	0,04	0,008	0,11

Примечание. 1, 3, 5, 7, 10, 12, 14 — пироксениты (бС) мелкозернистые с массивной текстурой; 2, 4, 6, 9, 11, 13, 15, 16 — плагиофироксениты (бСр) и нориты (врС) средне- и крупнозернистые с параллельной текстурой или текстурой течения; 17, 18 — дуниты (оС) с хромитовым оруденением. В пробах 2, 6, 8, 9, 11, 13, 15, 16 отмечена вкрапленность сульфидов в количестве 0,5–3% объема породы. Верхний горизонт — 1–7, 10–16, нижний — 8, 9, дунитовая трубка — 17, 18.

блоками пласта, другие — фрагментами более мелких линз-сателлитов.

Внутреннее строение пласта неоднородно. Он сложен прерывистыми слоями дунитов, гарцбургитов, оливиновых пироксенитов и полевошпатовых оливиновых пироксенитов. Мощность его на разных участках колеблется от 1 до 5 м. Все исследователи отмечают, что в направлении с запада на восток в породах пласта уменьшается количество оливина: дуниты и гарцбургиты на восточном склоне горы Сопча не встречаются. Морфологически пласт «330» характеризуется тонкой расслоенностью, линейностью, наличием директивных текстур и другими признаками магматического течения вещества, развитием пегматоидных пироксенитов [12].

Детальный вертикальный разрез пласта «330» в его наиболее мощной части, на западном склоне горы Сопча, приведен в работе [12]. Снизу вверх выделены зоны: ортопироксенитов (мощностью 10–20 см) с редкими участками «псевдобрекчии» оливиновых ортопироксенитов; дунитов (40 см); ритмического переслаивания гарцбургитов и ортопироксенитов с мощностью отдельных прослоев 2–5 см (50 см); полосчатых гарцбургитов – ортопироксенитов (105 см); слабополосчатых гарцбургитов с участками «псевдобрекчии» оливинсодержащих ортопироксенитов (50 см), мо-

номинеральных ортопироксенитов с крупными линзами плагиоклазсодержащих крупнозернистых разновидностей (165 см). Последняя зона вверх по разрезу постепенно сменяется оливиновыми ортопироксенитами, а затем ортопироксенитами.

В ходе многолетних исследований традиционно лучше изучалась западная часть пласта «330». В связи с поисковыми работами на платинометалльное оруденение, которые проводились в пределах субширотной ветви Мончегорского плутона в 1999–2003 гг. [11], исследована и восточная его часть (рис. 1).

На участке детальных работ в толще мелко-среднезернистых пироксенитов установлены два уровня, в пределах которых фиксируется контрастная расслоенность (рис. 2). Нижний расслоенный горизонт (I на рис. 2, Б) расположен на уровне высотной отметки 225 м. Вмещающие породы — неравнозернистые пироксениты (ортопироксеновые кумулаты), ниже по разрезу — мелкозернистые плагиофироксениты (ортопироксеновые кумулаты с интеркумулусным плагиоклазом и в редких случаях также с интеркумулусным авгитом). Нижний расслоенный горизонт мощностью 2–3 м прослежен по простирацию на 140 м, падение пластов юго-западное под углом 10–15°.

Горизонт представлен серией слоев мелко- и среднезернистых пироксенитов (ортопироксеновые

кумуляты) с массивной текстурой, среди которых размещаются слои и тела сложной формы, состоящие из мелко-среднезернистых мезократовых норитов (плаггиоклаз-ортопироксеновые кумулаты) и плаггиопироксенитов (ортопироксеновые кумулаты с интеркумуляусным плаггиоклазом) с текстурами параллельной и пятнисто-шлировой и течения (рис. 3, Б; 4, а). Отмечаются ветвление и изгиб слоев плаггиопироксенитов и норитов вокруг тел массивных пироксенитов (см. рис. 3, Б).

Мощности чередующихся слоев 0,2–2 м, падение в юго-западных румбах под углами 10–15°. В прикровельной части этого расслоенного горизонта наблюдаются тела пегматоидных пироксенитов сложной формы (см. рис. 4, а).

Контакт нижнего расслоенного горизонта с вышележащей толщей подчеркнут синформным разрывным нарушением, вблизи которого пироксениты интенсивно куммингтонитизированы, оталькованы и рассланцованы. Залегающая выше толща сложена среднезернистыми пироксенитами (ортопироксеновые кумулаты).

Верхний расслоенный горизонт (II на рис. 2, Б) локализован в пироксенитах (ортопироксеновые кумулаты, иногда с единичными зернами оливина) на уровне горизонталей 270–275 м. Максимальная истинная мощность горизонта, зафиксированная в скальных уступах, достигает 5 м; падение пластов в юго-западных румбах под углами 5–10°. Горизонт прослежен на расстояние около 120 м по простиранию и смещен вдоль разрывного нарушения северо-восточного направления примерно на 30 м. Представлен чередованием разнозернистых пироксенитов (ортопироксеновые кумулаты), плаггиопироксенитов (ортопироксеновые кумулаты с интеркумуляусным плаггиоклазом) и норитов (плаггиоклаз-ортопироксеновые кумулаты), реже оливиновых пироксенитов (оливин-ортопироксеновые кумулаты). Мощности слоев 0,5–2 м. В разрезе отчетливо выделяются слои крупнозернистых плаггиопироксенитов с параллельной текстурой (см. рис. 3, А; 4, б).

Выше по разрезу залегают толща среднезернистых массивных пироксенитов (ортопироксеновые кумулаты) с широко развитыми в ней дайками мелкозернистых долеритов и лампрофиров мощностью до 5–7 м, имеющих северо-западное простирание (290°) и субвертикальное падение.

Выходы пласта «330» (предположительно верхний горизонт) в 600 м к северо-западу от участка детальных работ (см. рис. 2, А) представлены чередованием слоев пироксенитов (ортопироксеновых кумулатов) с различным размером зерен — от мелких до крупных и пегматоидных, мощность отдельных слоев 0,4–0,7 м.

Расслоенные горизонты в восточной части горы Сопча расположены на более низких гипсометрических уровнях, вероятно, вследствие развития сбросовых тектонических нарушений в центральной части интрузии.

В нижнем горизонте неравномерная тонкая сульфидная вкрапленность, редко достигающая 1% от объема породы, связана в основном с мезократовыми норитами. Содержание ЭПГ+Au в единичной штучной пробе данной породы составляет 0,3 г/т (таблица, обр. 9).

В прикровельной части горизонта тела пегматоидных пироксенитов содержат халькопирит-пирротинную вкрапленность (до 5–10%). В единичном штуче содержание суммы ЭПГ и золота 2,5 г/т (см. таблицу, обр. 8). Данный уровень, по-видимому, соответствует описанной Т.Л.Гроховской [13] ниже «пласта-330» зоне оруденения в грубозернистых пироксенитах (содержание ЭПГ+Au в породах достигает 2,38–7,97 г/т [12]). Однако следует подчеркнуть, что, как по данным Т.Л.Гроховской, так и согласно нашим наблюдениям, пегматоидные пироксениты развиты в этой части Сопчинского массива лишь фрагментарно.

В верхнем горизонте достаточно равномерная мелкая вкрапленность сульфидов (0,5–1%, реже до 3–5% от объема породы) приурочена к неоднородным участкам чередования массивных пироксенитов, плаггиопироксенитов и норитов с параллельной текстурой (рис. 5). Их состав халькопирит-пирротинный, содержание ЭПГ+Au варьирует от 0,2 до 1,37 г/т (см. таблицу, обр. 1–7).

В пределах небольшого выхода расслоенного горизонта в 600 м к северо-западу от участка детальных работ (см. рис. 2, А) сульфидная и платинометаллическая минерализация локализована в слоях крупнозернистых и пегматоидных пироксенитов. Содержание суммы ЭПГ и золота здесь достигает 1,45 г/т (см. таблицу, обр. 10–16).

Кроме пород, связанных с расслоенными горизонтами, нами опробованы мелкозернистые дуниты, закартированные в районе скв. 424, ниже по склону от выходов пласта «330» (см. рис. 2, А). Сложенное ими тело изометричной формы размером 20×25 м имеет резкий тектонизированный контакт с вмещающими пироксенитами. Дуниты содержат тонкую хромитовую сыпь (до 5% объема породы), количество Cr_2O_3 по данным химического анализа достигает 1,76 мас. %. Такие трубообразные тела, отмечавшиеся ранее Е.К.Козловым [6] и имеющие состав от норитов до ультраосновных пород, рассматривались в качестве возможных платиноносных образований. Морфологически они напоминают «трубки» Бушвельда с высокими содер-

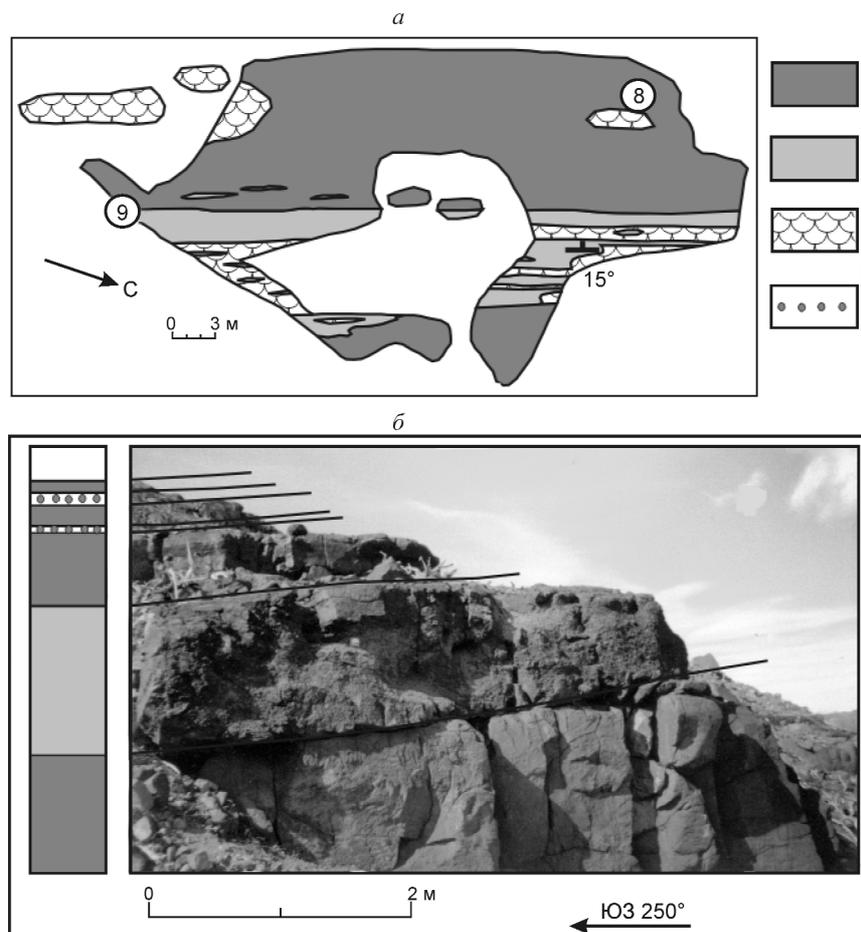


Рис. 4. Зарисовка (а) и фотография (б) обнажения расслоенного горизонта с телами пегматоидных пироксенитов в прикровельной части, по С.Р.Котову:

а — участок «а» на рис. 2, Б; б — участок «б» на рис. 2, Б, слева — стратиграфическая колонка; породы: 1 — пироксениты с массивной текстурой, 2 — плагиопироксениты и нориты с текстурами параллельной и течения, 3 — пегматоидные плагиопироксениты; 4 — оливиновые и оливинсодержащие пироксениты; номера проб в кружках см. рис. 2 и таблицу

жаниями ЭПГ. Сульфиды в этих породах визуально не наблюдаются, а содержание суммы ЭПГ и золота (по данным штучного опробования) составляет 0,085–0,114 г/т (см. таблицу, обр. 17, 18).

Результаты, приведенные в таблице, достаточно полно характеризуют оруденение верхнего горизонта. Нижний горизонт представлен лишь двумя штучными пробами, одна из них — самая богатая ЭПГ среди проб данной коллекции. Пробы для анализа отбирались корректно, без ручного обогащения, поэтому реально отражают концентрации ЭПГ в пределах участка. Анализ производился атомно-абсорбционным и химическим методами в ГИ КНЦ РАН.

Руды в восточной части пласта «330» мало-сульфидные за исключением образца 8 (пегматоид-

ный плагиопироксенит), содержат небольшое количество S, Ni и Cu (см. таблицу). Наблюдается прямая пропорциональная зависимость между содержаниями ЭПГ и никеля и серы (рис. 6).

Данные, приведенные в таблице и на рис. 6, показывают, что в пределах пласта плагиопироксениты и нориты с параллельной текстурой обогащены Ni, S и ЭПГ по сравнению с массивными пироксенитами.

В результате проведенных исследований в восточной части горы Сопча закартированы два горизонта с тонкой расслоенностью, относящиеся к породам пласта «330». Они представлены чередованием плагиопироксенитов и норитов с параллельной текстурой и массивных среднезернистых пироксенитов.

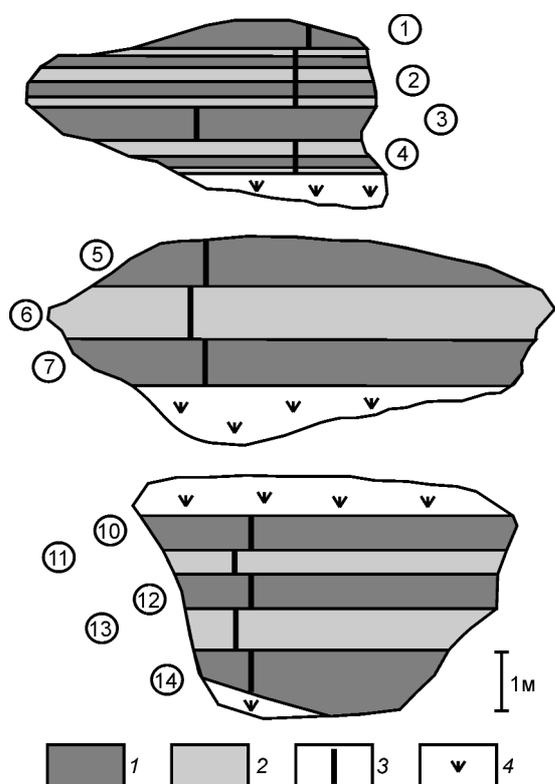


Рис. 5. Схемы бороздowego опробования обнажений:

1 — пироксениты с массивной текстурой; 2 — плагио-пироксениты и нориты с текстурами параллельной и течения; 3 — борозды опробования; 4 — задернованные участки; номера проб в кружках см. рис. 2 и таблицу

По сравнению с западной частью пласта «330» наблюдается значительное сокращение доли оливковых пород среди пород пласта. В пределах верхнего горизонта оливковые породы присутствуют в небольших объемах, а в нижнем — не отмечены. Структурно-морфологически верхний горизонт характеризуется выдержанной расслоенностью. В нижнем отмечена как выдержанная расслоенность, так и огибание блоков массивных мелко-среднезернистых пироксенитов плагио-пироксенитами и норитами со структурой течения.

Платинометальное оруденение в восточной части пласта «330» относится к малосульфидному типу. Содержание ЭПГ+Au в пределах расслоенной части пласта 0,5–2,5 г/т. Хромитсодержащие дуниты отличаются низкими содержаниями платиновых металлов. Плагио-пироксениты и нориты с параллельной текстурой обогащены ЭПГ, никелем и медью по сравнению с массивными пироксенитами.

В небольшом теле хромитсодержащих дунитов, расположенном на восточном склоне горы Сопча,

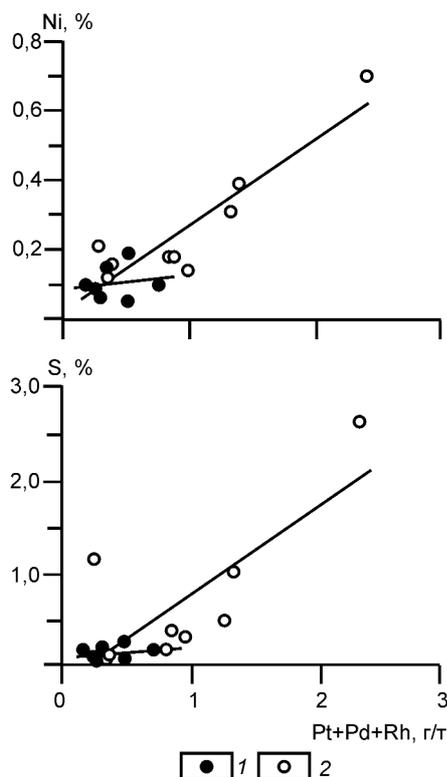


Рис. 6. Соотношение элементов платиновой группы с никелем и серой в породах восточной части пласта «330»:

1 — пироксениты с массивной текстурой; 2 — плагио-пироксениты и нориты с текстурами параллельной и течения, а также пегматоидный плагио-пироксенит (см. таблицу)

платинометальное оруденение не обнаружено, содержание ЭПГ+Au в этих породах не превышает 0,11 г/т.

Итак, сопчинский пласт «330», несмотря на существенное различие в строении его восточной и западной частей, перспективен на платиновые металлы на всем протяжении, в том числе и в восточной части. Специфика геологического строения и распределения платинометального оруденения в восточной части пласта нуждается в дальнейшем изучении.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда НШ-1413.2006.5 (руководитель академик РАН Ф.П.Митрофанов)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глозов А.И., Конников Э.Г., Орсов Д.А., Веселовский Н.Н. Петрологические особенности «рудного пласта Сопчи» (Мончегорский pluton) в связи с платинометальностью // Тез. регионального симпозиума «Благородные металлы и алмазы севера европейской части России». Петрозаводск, 1995. С. 31–33.

2. *Глотов А.И., Орсов Д.А.* Распределение благородных металлов в ЭПГ-Cu-Ni сульфидных рудах Мончегорского комплекса, Кольский полуостров // ДАН. 1996. Т. 347. № 5. С. 670–673.
3. *Елисеев Н.А.* Мончегорский плутон. Ультраосновные и основные интрузии и сульфидные медно-никелевые месторождения Мончи. – Апатиты: КФАН СССР, 1953.
4. *Козлов Е.К.* Структурный анализ массива Сопча. Ультраосновные и основные интрузии и сульфидные медно-никелевые месторождения Мончи. – Л.: Изд. АН СССР, 1953.
5. *Козлов Е.К.* О некоторых спорных вопросах геологического строения массива Сопчуайвенч (в Мончетундре) // Вопросы геологии и минералогии Кольского полуострова. Л., 1958. С. 7–24.
6. *Козлов Е.К.* Естественные ряды пород никеленосных интрузий и их металлогения. – Л.: Наука, 1973.
7. *Конников Э.Г., Орсов Д.А.* О природе ритмически расслоенного горизонта массива Сопча в Мончегорском плутоне // ДАН СССР. 1991. Т. 320. № 3. С. 696–699.
8. *Нерадовский Ю.Н., Рундквист Т.В., Галкин А.С., Климентьев В.Н.* К проблеме платиноносности рудного «пласта-330» г. Сопча и его промышленного использования (Мончегорский плутон) // Вестн. МГТУ. 2002. Т. 5. № 1. С. 85–90.
9. *Орсов Д.А., Реженева С.А., Богданова А.Н.* Сопчит $Ag_4Pd_3Te_4$ — новый минерал из медно-никелевых руд Мончегорского плутона // Зап. ВМО. 1982. Ч. III. Вып. 1. С. 114–117.
10. *Орсов Д.А., Конников Э.Г., Загузин Г.Н.* Оруденение «перидотитового» пласта г. Сопча в Мончегорском районе // Зап. ВМО. 1994. Ч. СХХIII. № 3. С. 26–40.
11. *Припачкин П.В., Костенко Л.С.* Платинометалльные объекты расслоенных зон субширотной ветви Мончегорского плутона и Мончетундровского массива // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова. Апатиты, 2005. С. 85–95.
12. *Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение.* – Апатиты: КНЦ РАН, 2004. Ч. 1, 2.
13. *Рудная платинометалльная минерализация в расслоенном Мончегорском магматическом комплексе (Кольский полуостров, Россия) / Т.Л.Гроховская, Г.Ф.Бакаев, В.В.Шолохнев и др.* // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 329–352.
14. *Шарков Е.В.* Происхождение критических зон крупных расслоенных интрузивов. Геология и генезис месторождений платиновых металлов. – М.: Наука, 1994.

УДК [550.422+553.411] (571.17)

© М.И.Котельников, Н.М.Котельникова, 2007

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПРОГНОЗ ЗОЛОТОНОСНОСТИ МАЙСКО-ЛЕБЕДСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ ГОРНОЙ ШОРИИ

М.И.Котельников (ФГУ «ТФИ по Кемеровской области» Роскомнедра МПР России), Н.М.Котельникова (РУДН)

Анализ аномальных геохимических полей Майско-Лебедской рудной зоны, находящейся в пределах Алтае-Кузнецкого-Западносаянского девонского вулканоплутонического комплекса на границе Горной Шории и Горного Алтая, показал, что большая часть химических элементов в пробах рудной зоны разделяется на две ассоциации. К первой геохимической ассоциации относятся центростремительные элементы, концентрирующиеся в ядерных зонах, ко второй — центробежные, слагающие зоны обмена. Выявлены две крупные структуры — Северная и Южная, характеризующиеся концентрически зональным строением. Глубокие горизонты Северной зоны перспективны на поиски золотого оруденения.

Майско-Лебедская рудная зона находится на границе Горной Шории и Горного Алтая. Последний располагается на стыке трех крупных тектонических структур: южного окончания салаирско-каледонских Горной Шории, северных каледонско-герцинских Горного Алтая и салаирско-каледонских Западного Саяна, граничащих друг с другом по глубинным разломам. Рассматриваемые золоторудные месторождения и рудопроявления и аналогичные им месторождения Горной Шории и Горного Алтая размещаются в этих структурах в пределах единого Алтайско-Кузнецкого-Западносаянского девонского вулканоплутонического пояса, формирование которого связано с заложением и длительным развитием Кузнецко-Алтайского и Северо-Саянского глубинных разломов (рис. 1).

В пределах Майско-Лебедской рудной зоны за период 2003–2005 гг. отобрано 5337 проб, из них 1504 — из рыхлых отложений, 1950 — из наземных горных выработок (шурфов и канав) и 1884 — из керна скважин поискового бурения. По всем пробам выполнен спектральный анализ на 28 химических элементов и спектрохимический — на золото.

Химические элементы характеризуются закономерным распределением в пространстве и формируют аномальные геохимические поля (АГП). Под аномальным геохимическим полем понимается совокупность пространственно сближенных ореолов химических элементов, формирование которых обусловлено определенным геологическим событием (С.В.Соколов, 1988).

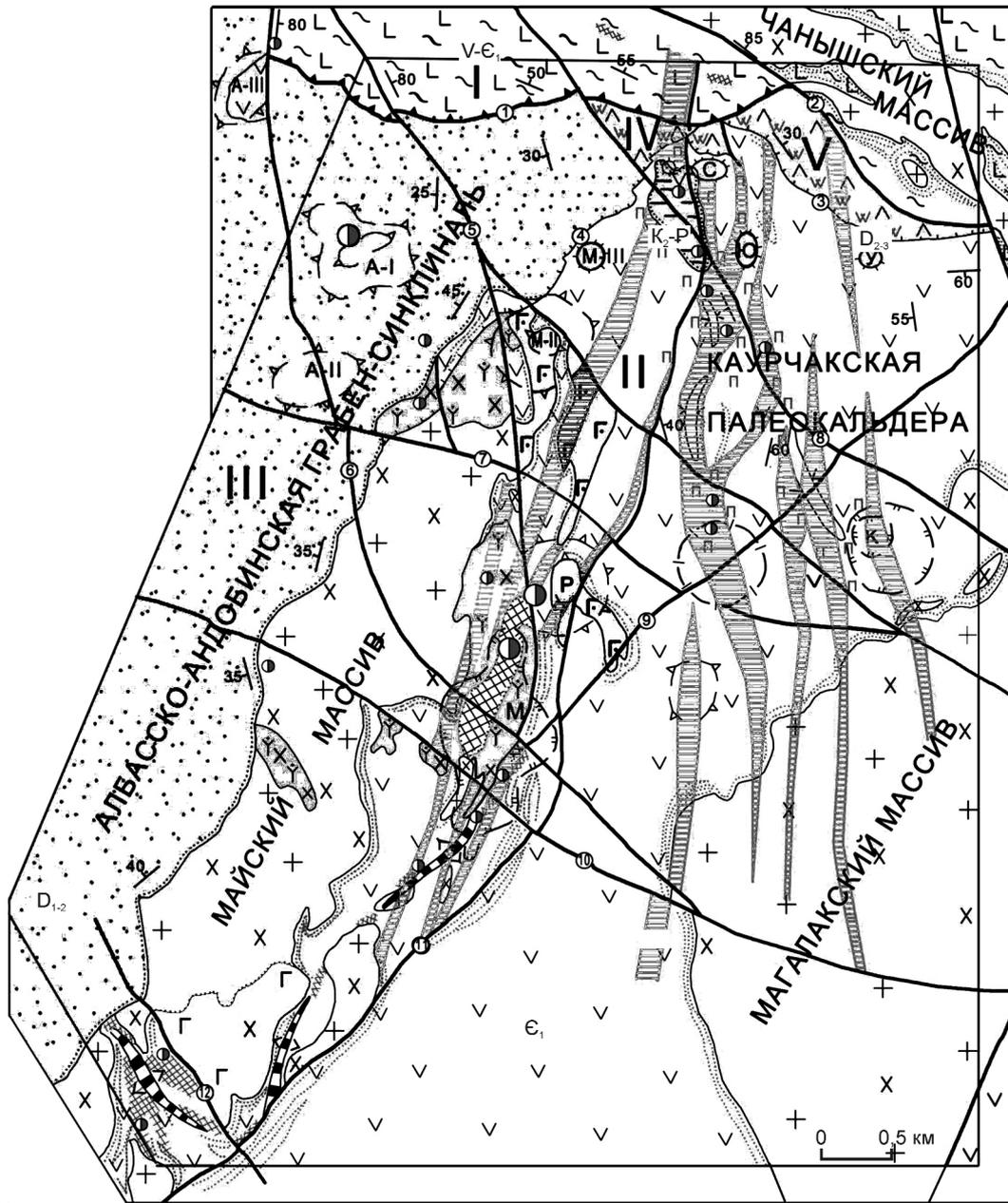
На исследуемой площади выделяются АГП трех рангов: рудного поля, охватывающие геохимические ореолы всей Майско-Лебедской зоны; рудного месторождения, включающие группы сближенных ореолов, пространственно приуроченных к участкам и месторождениям; рудного тела, соответствующие локальным ореолам возле рудных тел в пределах участков и месторождений.

Химические элементы устойчиво группируются в две геохимические ассоциации, что свидетельствует о развитии в пределах Майско-Лебедской зоны единого рудного процесса, сформировавшего гидротермально-метасоматическую систему, закономерно отражающуюся в аномальном геохимическом поле.

Выделение указанных ассоциаций базируется на анализе корреляционных связей химических элементов. В качестве примера взята выборка проб по Майскому месторождению (таблица). Более наглядно группировка элементов в геохимические ассоциации видна по результатам кластерного и факторного анализов (рис. 2, 3).

По приведенным материалам отчетливо выделяются две группы химических элементов, отличающиеся положительными внутригрупповыми корреляционными связями и отрицательной межгрупповой. Эта закономерность характерна для всех рудных участков Майско-Лебедской зоны, о чем свидетельствует близкая форма геохимических спектров (рис. 4).

Результаты многомерного анализа корреляционных связей химических элементов и геохимические



1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35
36	37	38	39	40	41	

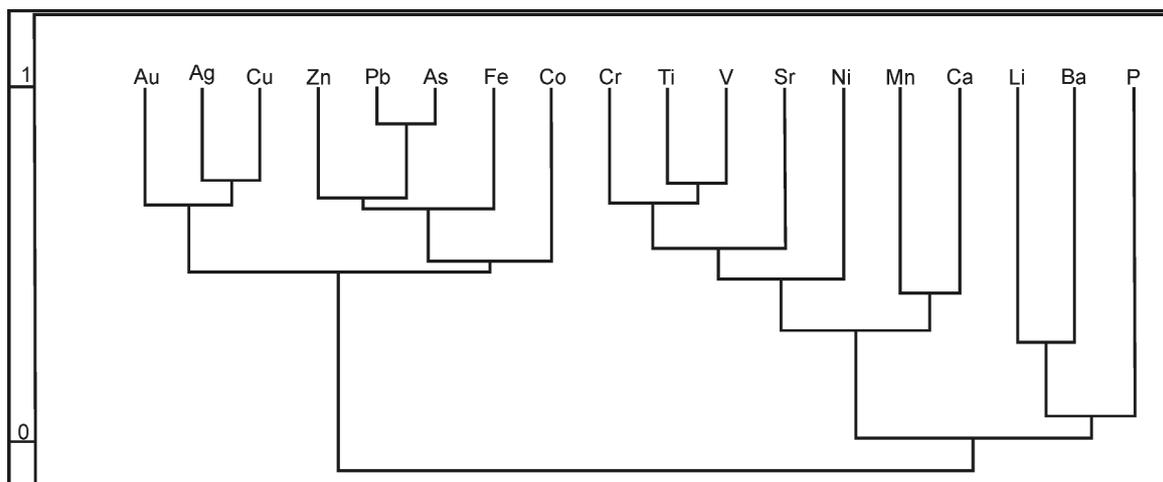


Рис. 2. Результаты кластерного анализа по Майскому месторождению

спектры в первичных ореолах указывают на наличие в пределах Майско-Лебедской рудной зоны двух устойчивых геохимических ассоциаций: центроостремительной (Au, Ag, As, Pb, Zn, Cu), формирующей ореолы ядерных частей месторождений и определяющей халькофильную специализацию золотого оруденения зоны, и центробежной (Cr, Ti, Li, Ni, Mn, V, Ba, Ca), формирующей зону обмена. В ореоле последней отмечается устойчивое снижение содержания центробежных элементов (ЦБ) в ядерных частях месторождений. При этом следует заметить, что та-

кие химические элементы, как Co, Fe и P, не принадлежат к какой-либо из этих ассоциаций и могут «примыкать» в той или иной группе.

Для анализа строения АГП вычислены мультипликативные ореолы элементов, относящихся к указанным геохимическим ассоциациям. В расчет мультипликативных ореолов из ассоциации центроостремительных элементов (ЦС) включены Au, Ag, As и Pb, а из ассоциации центробежных — Ti, Li, V, Ba.

При расчетах мультипликативных ореолов использовались коэффициенты концентрации (КК),

Рис. 1. Тектоническая карта Майско-Лебедской рудной зоны:

структурные подъярусы: 1 — венд-раннекембрийский, 2 — раннекембрийский, 3 — ранне-среднедевонский, 4 — среднедевонский; 5 — мел-палеогеновый ярус; формационные типы стратифицированных образований: 6 — спилит-диабазовый (срединно-океанических хребтов), 7 — андезитовый (вулканогенный островных дуг), 8 — терригенный красноцветный (передовых погибов), 9 — андезит-риодацитовый (вулканогенный континентальных окраин), 10 — каолинит-гидрослюдистый (фашия кор выветривания); магматические комплексы: 11–12 — раннеинверсионного (орогенного) этапа гранитоиды пестрого состава (nd-gdC₃-O₁) Садринского комплекса (11 — преимущественно гранодиориты и диориты, 12 — габбро-диориты), 13–14 — этапа девонской тектонической активизации, габбро-монцодиорит-граносиенит-порфировый субвулканический комплекс (13 — монцодиориты, граносиениты, 14 — диоритовые порфириты, габбро и габбро-диориты); глыбово-блоковые структуры второго порядка: 15 — Чаныш-Андобинский блок интрузивных и магматических пород, 16 — Каурчакская вулканическая палеокальдера, 17 — Албаско-Андобинская грабен-синклиналь, 18 — Семеновский блок, 19 — Верхне-Талонский блок; купольно-конфокальные структуры низших порядков: 20 — вулканоплутонические купольные поднятия, 21 — палеовулканические жерловые структуры купольно-кольцевого и 22 — конфокального типов, 23 — глубинная корневая часть магматического жерла Каурчакской палеокальдеры; оси локальных складчатых структур: 24 — антиклинальных, 25 — синклинальных; разрывные нарушения: 26 — сбросы, сбросо-сдвиги, 27 — взбросо-надвиги, 28 — сбросо-подвиги, 29 — номера наиболее крупных дизъюнктивов (1 — Талонский, 2 — Чаныш-Андобинский, 3 — горы Уронник, 4 — Семеновский, 5 — Майско-Андобинский, 6 — Рябченкин, 7 — Самошкинский, 8 — Июльский, 9 — Каурчакский, 10 — Борисовский, 11 — Семеновско-Лебедской, 12 — Южный); 30 — системы субмеридиональных линейно-линзовидных зон тектонитов (катаклазитов, динамосланцев), сопровождаемых средне-низкотемпературными золотоносными метасоматитами; границы: 31 — геологические, 32 — структурного несогласия, 33 — фациальных разновидностей интрузивных пород; 34 — элементы залегания; 35 — скарны гранит-пироксеновые; 36 — скарны рудно-магнетитовые; 37 — роговики; 38 — пропилиты; 39 — вторичные кварциты; 40 — месторождения (М — Майское, А-I — Андобинское I) и рудопроявления золота; 41 — контур площади Майско-Лебедской рудной зоны; индексы наименования структур: М — Майская рудная, М-II — Майская вторая, М-III — Майская третья, Р — гора Рудная, С — Семеновская, Ю — Южно-Семеновская, У — гора Уронник, К — Курумная, А-I — Андобинская первая, А-II — Андобинская вторая, А-III — Андобинская третья

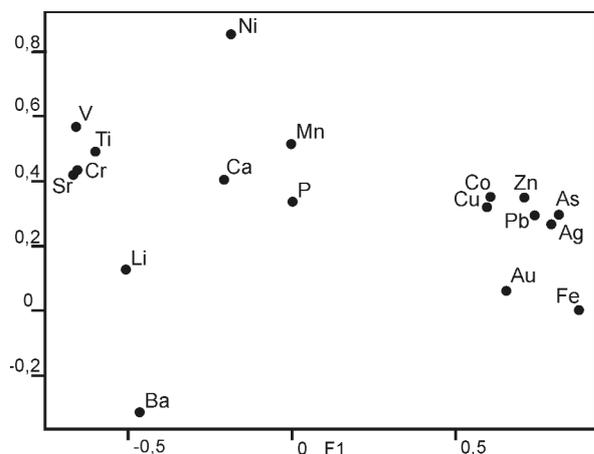


Рис. 3. Результаты факторного анализа методом главных компонент по Майскому месторождению

равные отношения содержаний химических элементов в пробах к фоновым содержаниям этих элементов в «безрудной» выборке. Для уменьшения размаха величины мультипликативных ореолов было выполнено их логарифмирование:

$$K_{ЦС} = \lg(KK_{Au} \cdot KK_{Ag} \cdot KK_{As} \cdot KK_{Pb}), \quad (1)$$

$$K_{ЦБ} = \lg(KK_{Ti} \cdot KK_{Li} \cdot KK_{V} \cdot KK_{Ba}). \quad (2)$$

Распределения мультипликативных ореолов центростремительных и центробежных элементов приведены на рис. 5 и 6. Как видим, практически все известные рудные точки находятся в пределах повышенных мультипликативных ореолов центростремительных элементов, которые оконтуривают ядерные части рудных месторождений (см. рис. 5).

Карта распределения мультипликативных ореолов центробежных элементов (см. рис. 6) показыва-

ет размещение зон обмена рудных месторождений. Зоны обмена представляют собой области пространственного совмещения повышенных значений коэффициента мультипликативных ореолов центробежных элементов и пониженных значений коэффициента мультипликативных ореолов центростремительных элементов. Мультипликативные ореолы центробежных элементов обрамляют ядерные зоны месторождений, а также отдельных рудных тел и фиксируют зональное строение АГП Майско-Лебедской рудной зоны. Выделяются дугообразные фрагменты двух крупных структур — Северная и Южная (см. рис. 6). Первая структура охватывает три рудных участка — Семеновский, Июльский и Правобережный, вторая — Майское месторождение, участки Дальний и Южный.

Результаты дешифрирования космических снимков также свидетельствуют о наличии в пределах указанных структур кольцевых линейментов.

С учетом диаметрально противоположного поведения элементов, входящих в центростремительную и центробежную геохимические ассоциации, для оценки интенсивности золотого оруденения выполнен расчет показателя, равного логарифму отношения их мультипликативных коэффициентов концентрации:

$$K_{И} = \lg \left(\frac{KK_{Au} \cdot KK_{Ag} \cdot KK_{As} \cdot KK_{Pb}}{KK_{Ti} \cdot KK_{Li} \cdot KK_{V} \cdot KK_{Ba}} \right). \quad (3)$$

Распределение коэффициента интенсивности золотого оруденения ($K_{И}$) приведено на рис. 7.

Приведенные данные подчеркивают зональное строение АГП Майско-Лебедской рудной зоны и свидетельствуют о закономерном перераспределении химических элементов в процессе формирова-

Коэффициенты парной корреляции элементов по Майскому месторождению

Элементы	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	As	Cr	Co	Ni	Ti	V	Mn	Li	P	Ba	Sr	Fe	Ca
Au	1,00																	
Ag	0,74	1,00																
Cu	0,60	0,74	1,00															
Zn	0,27	0,53	0,46	1,00														
Pb	0,37	0,71	0,36	0,62	1,00													
As	0,40	0,73	0,42	0,76	0,90	1,00												
Cr	-0,42	-0,29	-0,29	-0,21	-0,19	-0,29	1,00											
Co	0,48	0,47	0,48	0,49	0,35	0,43	-0,38	1,00										
Ni	-0,08	0,07	0,14	0,20	0,09	0,06	0,51	0,19	1,00									
Ti	-0,45	-0,38	-0,29	-0,24	-0,16	-0,22	0,66	-0,33	0,47	1,00								
V	-0,37	-0,32	-0,15	-0,30	-0,32	-0,35	0,69	-0,15	0,56	0,73	1,00							
Mn	0,02	-0,04	-0,02	0,06	0,07	0,05	-0,12	0,37	0,38	0,12	0,16	1,00						
Li	-0,12	-0,26	-0,09	-0,32	-0,39	-0,39	0,43	-0,23	0,17	0,33	0,52	-0,15	1,00					
P	-0,06	0,17	0,16	0,15	0,19	0,25	0,25	-0,10	0,29	0,28	0,18	-0,20	0,14	1,00				
Ba	-0,09	-0,23	-0,14	-0,44	-0,39	-0,46	0,35	-0,33	-0,10	0,04	0,15	-0,43	0,28	0,01	1,00			
Sr	-0,31	-0,42	-0,30	-0,41	-0,38	-0,46	0,54	-0,23	0,41	0,53	0,58	0,41	0,20	-0,08	0,12	1,00		
Fe	0,56	0,60	0,43	0,67	0,62	0,68	-0,56	0,58	-0,17	-0,37	-0,51	0,10	-0,35	-0,15	-0,56	-0,59	1,00	
Ca	0,07	-0,08	0,26	-0,07	-0,33	-0,28	0,13	0,17	0,36	-0,03	0,23	0,42	0,10	-0,11	0,03	0,50	-0,23	1,00

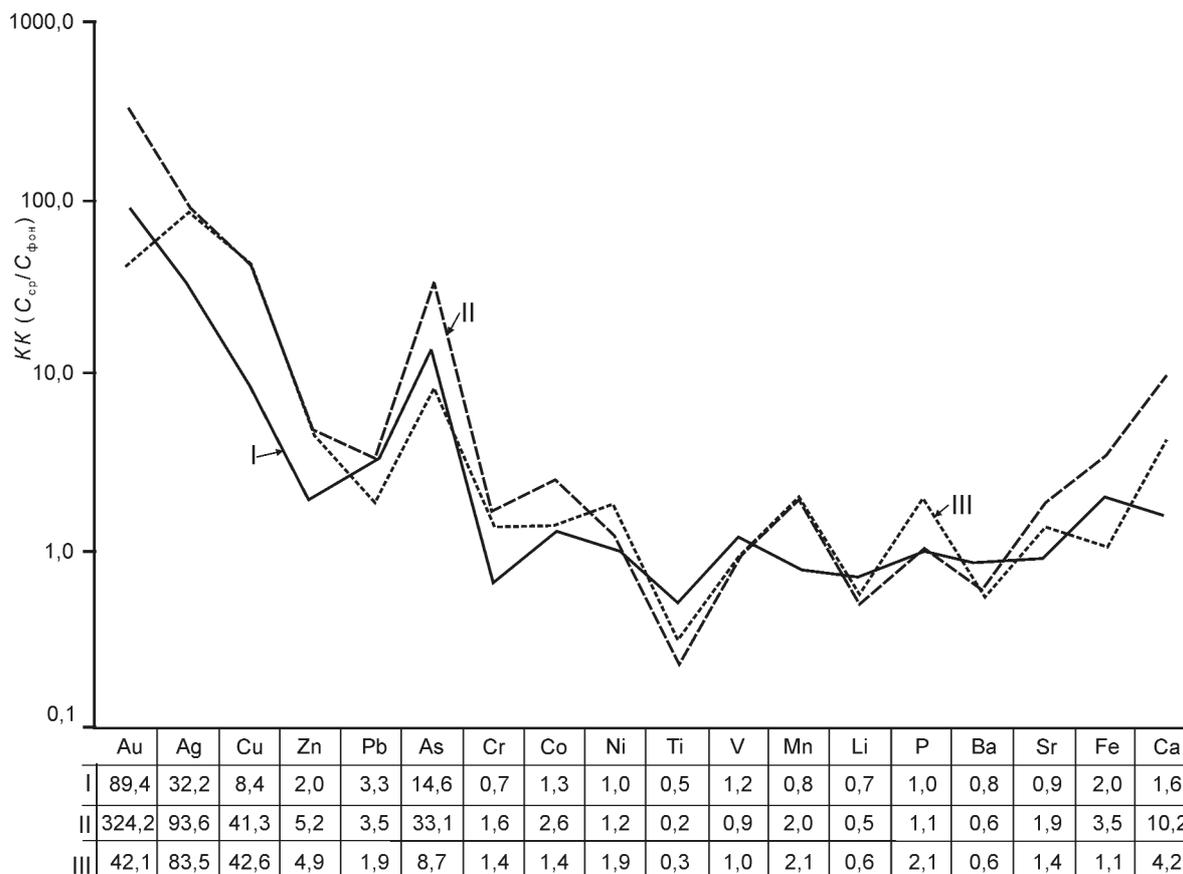


Рис. 4. Геохимические спектры коэффициентов концентрации (KK) химических элементов в первичных ореолах Майско-Лебедской рудной зоны:

участки: I — Семеновский (167 проб), II — Майский (56 проб), III — Дальний (81 проба)

ния гидротермально-метасоматической системы (см. рис. 7).

Определение вертикальной зональности рудных тел основывается на рассмотренных в работах В.Х.Эммонса, С.С.Смирнова, С.В.Григоряна закономерностях зонального рудоотложения, в результате которого верхнерудные горизонты и надрудные ореолы эндогенных месторождений обогащаются относительно легколетучими и «низкотемпературными» элементами (As, Ag, Ba), а нижнерудные горизонты и подрудные первичные ореолы — более «высокотемпературными» и труднолетучими (Sn, Mo, W, Co). На рудном уровне концентрируются Cu и Zn (Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых, 1990).

Для количественной оценки размаха вертикальной зональности вычисляется отношение произведения двух или более химических элементов, представляющих надрудные ореолы, к произведению двух или более подрудных (нижнерудных) эле-

ментов. Для Майско-Лебедской рудной зоны этот расчет выполнен по следующим формулам:

$$K_1^{30H} = \frac{KK_{Au}}{KK_{Cu}}, \quad (4)$$

$$K_2^{30H} = \frac{KK_{Ag} \cdot KK_{As}}{KK_{Cu} \cdot KK_{Zn}}, \quad (5)$$

где KK_{Au} , KK_{Cu} , KK_{Ag} , KK_{As} , KK_{Zn} — коэффициенты концентрации Au, Cu, Ag, As, Zn.

Результаты вычисления коэффициентов зональности даны на рис. 8. Приведенные графики свидетельствуют о слабой эродированности рудных тел Семеновского участка и высоких перспективах поисков золоторудных объектов в этой части Майско-Лебедской зоны на глубине.

Выполненное исследование позволяет сформулировать следующие выводы.

Аномальные геохимические поля Майско-Лебедской рудной зоны имеют закономерное объемно-зональное строение.

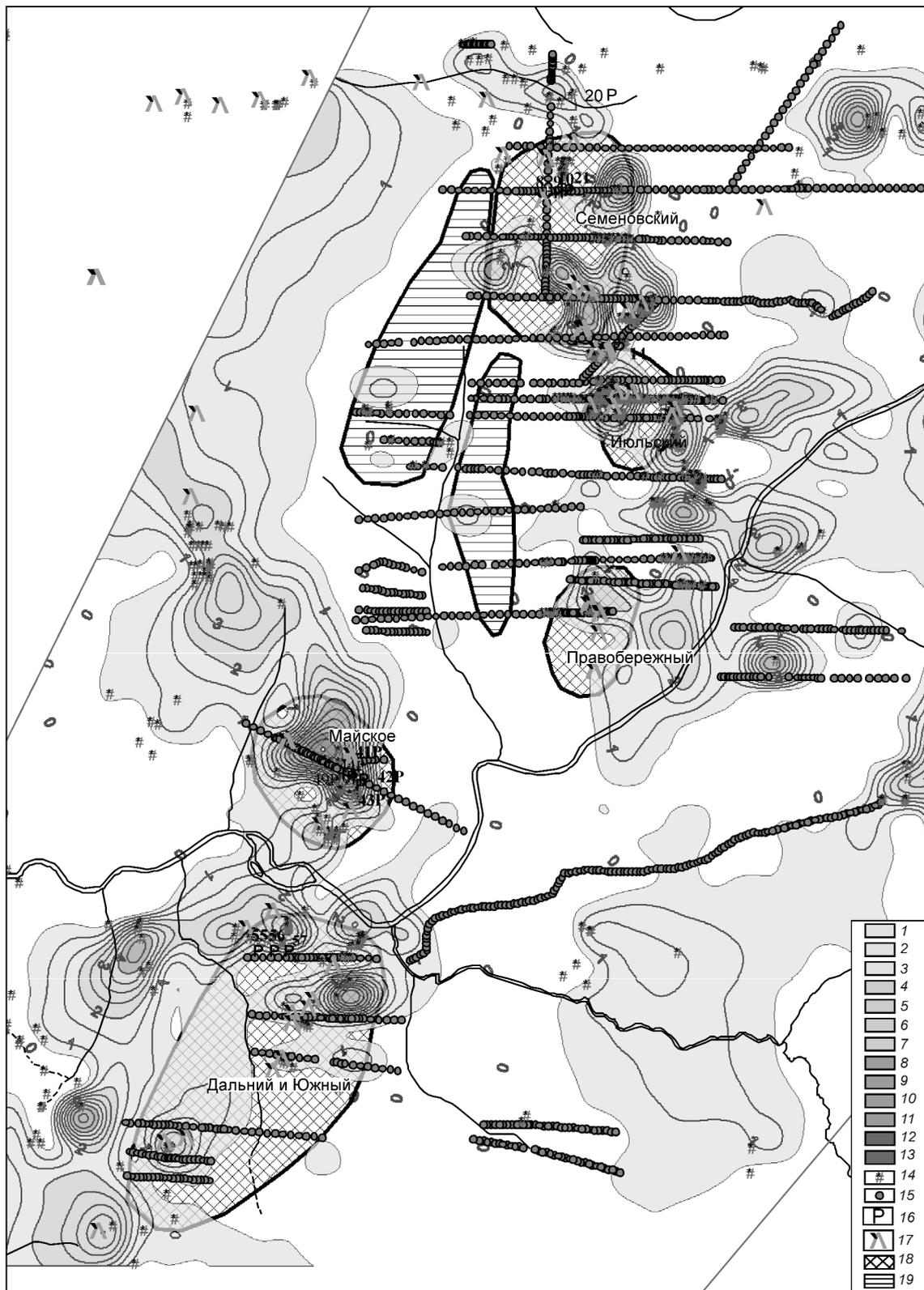


Рис. 5. Карта распределения мультипликативных ореолов центростремительных элементов:

КЦС: 1 — 0,5-1; 2 — 1-1,5; 3 — 1,5-2; 4 — 2-2,5; 5 — 2,5-3; 6 — 3-3,5; 7 — 3,5-4; 8 — 4-4,5; 9 — 4,5-5; 10 — 5-5,5; 11 — 5,5-6; 12 — 6-6,5; 13 — 6,5-7; точки отбора проб: 14 — из горных выработок, 15 — из рыхлых отложений; 16 — поисковые скважины; 17 — рудные точки; 18 — рудные участки; 19 — безрудные участки

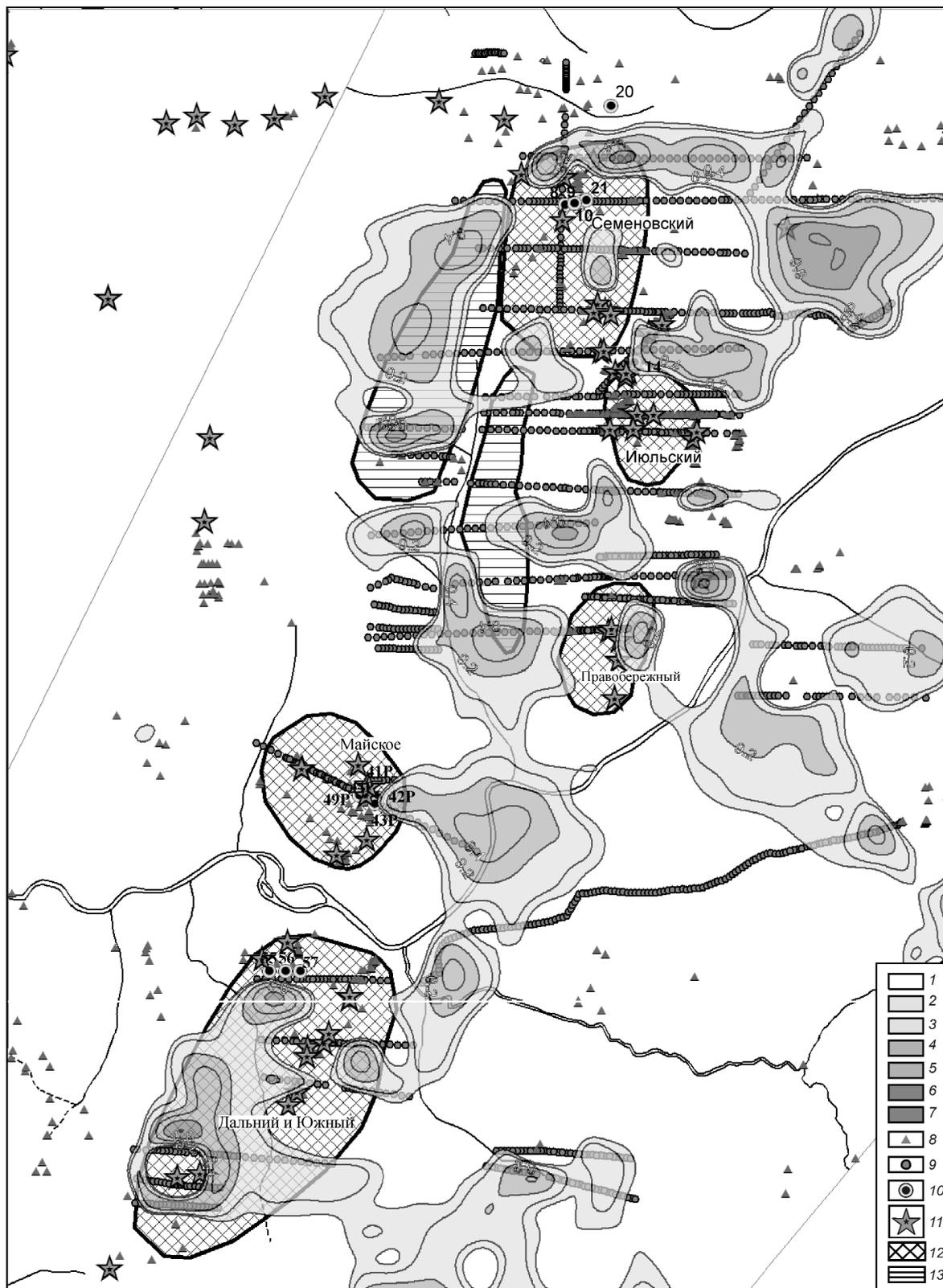


Рис. 6. Карта распределения мультипликативных ореолов центральных элементов:

КЦБ: 1 — >0,1; 2 — -0,1-0; 3 — 0-0,2; 4 — 0,2-0,4; 5 — 0,4-0,6; 6 — 0,6-0,8; 7 — 0,8-1; точки отбора проб: 8 — из горных выработок, 9 — из рыхлых отложений; 10 — поисковые скважины; 11 — рудные точки; 12 — рудные участки; 13 — безрудные участки

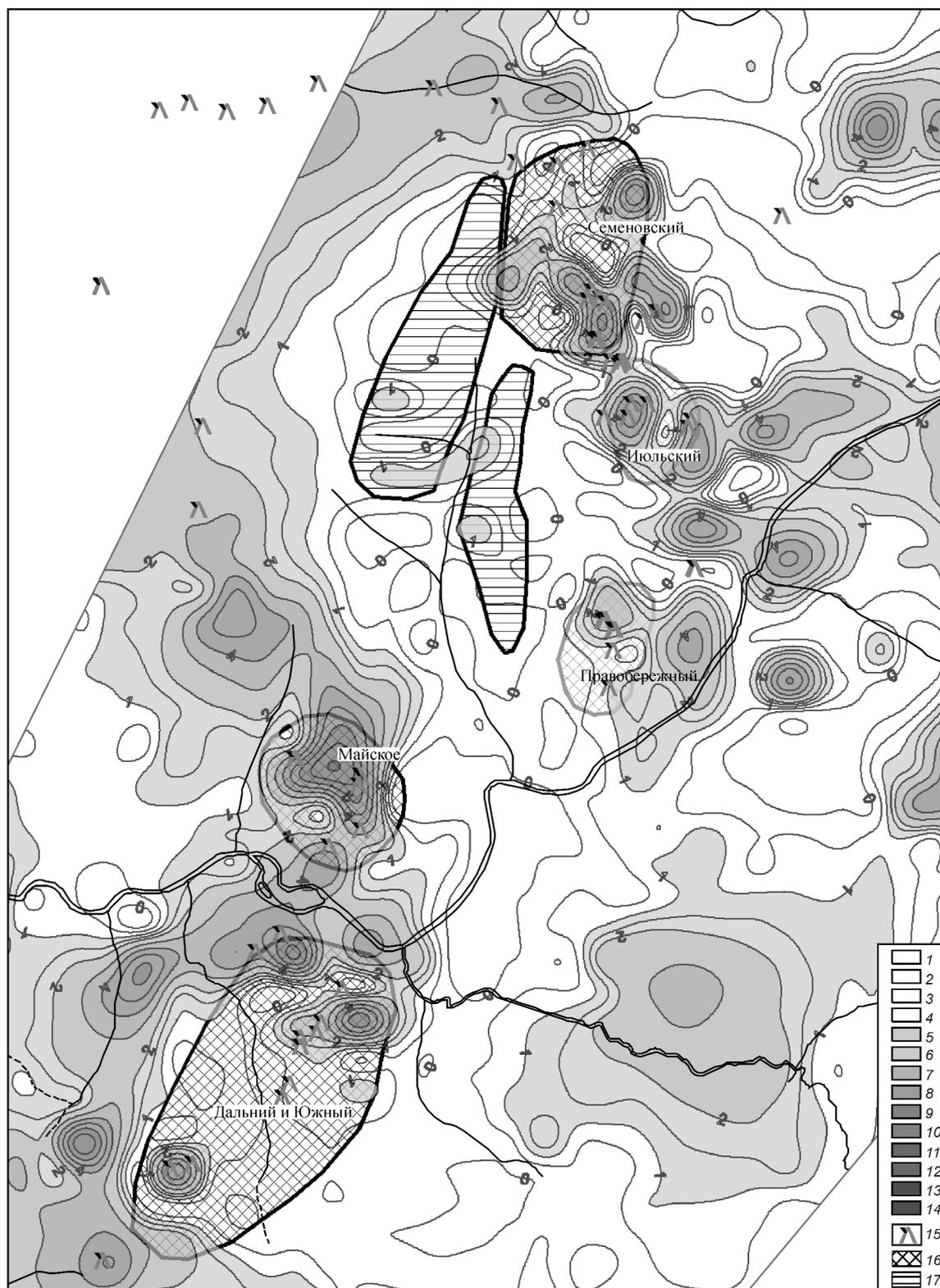


Рис. 7. Карта распределения мультипликативных ореолов коэффициента интенсивности золотого оруденения:

$K_{И}$: 1 — $<-2,0$; 2 — $-2,0... -1,0$; 3 — $-1,0-0$; 4 — $0-0,5$; 5 — $0,5-1,0$; 6 — $1,0-1,5$; 7 — $1,5-2,0$; 8 — $2,0-3,0$; 9 — $3,0-4,0$; 10 — $4,0-5,0$; 11 — $5,0-6,0$; 12 — $6,0-7,0$; 13 — $7,0-8,0$; 14 — $8,0-9,0$; 15 — рудные точки; 16 — рудные участки; 17 — безрудные участки

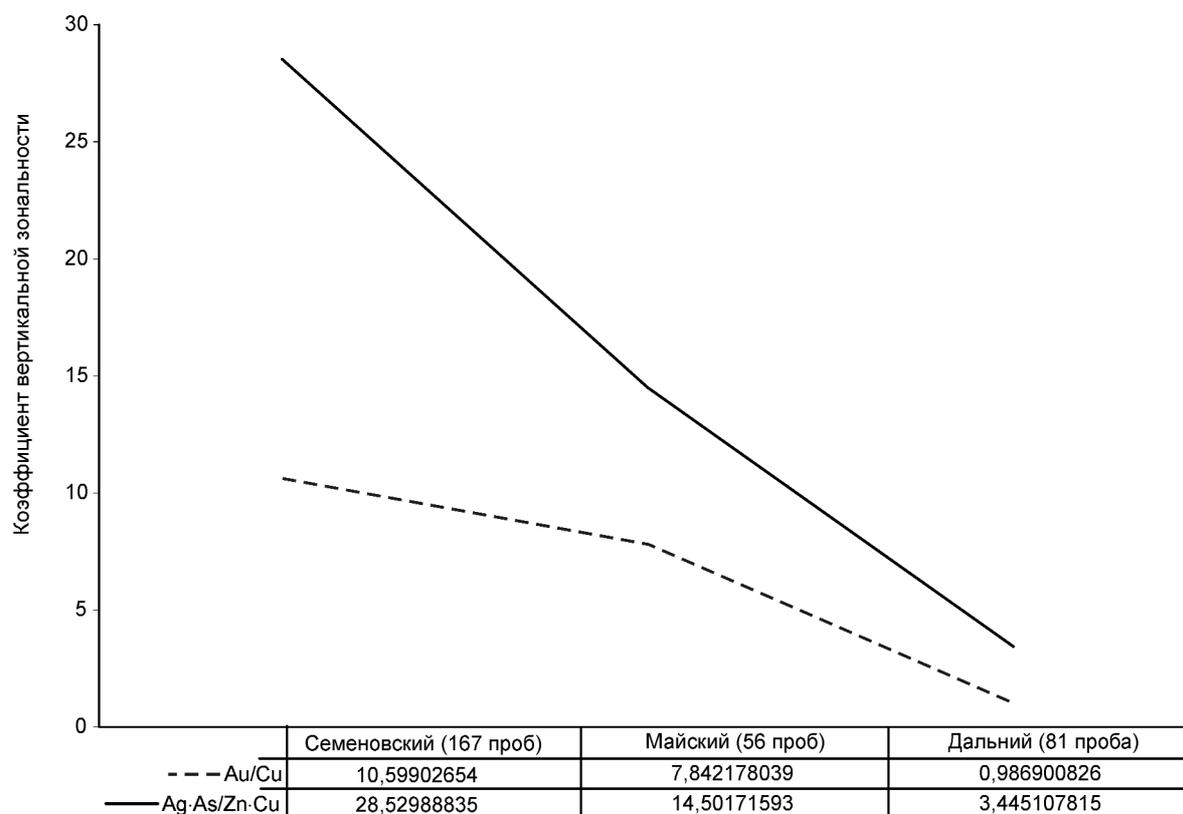


Рис. 8. Графики коэффициентов вертикальной зональности по рудным участкам Майско-Лебедской зоны

Большинство анализируемых элементов группируются в две устойчивые геохимические ассоциации — центростремительную в ядерных частях АГП и центробежную, формирующую зоны обмена.

Практически все рудные тела, вскрытые в преде-

лах Майско-Лебедской зоны, локализуются в двух крупных зонально-концентрических структурах — Северной и Южной.

Глубокие горизонты Северной рудной структуры перспективны на поиски золотого оруденения.

АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 669.053.4:622.342.1

© Коллектив авторов, 2007

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МИНЕРАЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ТРУДНООБОГАТИМЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

В.Т.Дубинчук, Д.Х.Ким, Н.Н.Кривощев, В.И.Кузьмин, Е.Г.Ожогина, А.А.Рогожин (ВИМС Роснедра МПР России), Г.В.Седельникова, Е.Е.Савари (ЦНИГРИ Роснедра МПР России)

Развитие технологии обогащения упорных золотосульфидных руд представляется эффективным при сочетании методов традиционного элементного их анализа и современной наноминералогии с использованием высокоразрешающей оптической и электронно-микроскопической аппаратуры.

Минерально-сырьевая база стратегических и высоколиквидных твердых полезных ископаемых России, наряду с открытием новых месторождений, может быть существенно расширена за счет ввода в эксплуатацию объектов с труднообогатимым минеральным сырьем сложного вещественного состава. В определенной степени это относится и к золоту, значительные запасы которого находятся в крупных месторождениях упорных золотосодержащих руд. Из-за отсутствия эффективной и экологически безопасной технологии извлечения драгоценных металлов такие объекты, как правило, не осваиваются и относятся к резервным. Проблема разработки рационального и доступного для промышленного воспроизводства способа получения золота из такого сырья представляется весьма актуальной.

В упорных золотосульфидных рудах золото присутствует в основном в виде тонкодисперсных и ультрамикроскопических выделений в сульфидах, главным образом в арсенипирите и пирите [2, 3, 7]. Чтобы его извлечь, необходимо разрушить (окислить) минералы-концентраты. Такая задача успешно решается на основе биотехнологии — сравнительно нового направления в области переработки труднообогатимого минерального сырья. Микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности разрушают зерна сульфидов, высвобождая из них

включения дисперсного золота. Благородный металл извлекается из упорного сырья на 95–98%.

В комплексе задач, возникающих при разработке новой технологии, важное место занимают вопросы изучения вещественного состава руд, концентратов и продуктов их микробиологической переработки. Это необходимо для определения формы золота в рудах, учета взаимовлияния минералов в технологическом процессе, выбора оптимальных режимов селективного выделения благородных металлов.

Эффективность биотехнологии определяется возможностью раскрытия минералов с дисперсной вкрапленностью драгоценных металлов. Под воздействием микроорганизмов происходит деструкция зерен золотосодержащих сульфидов: изменяются их первоначальный облик и состав, корродируется поверхность зерен, увеличивается изрезанность их границ, повышается общая дисперсность концентрата, высвобождаются микровключения золота, ранее содержащиеся во внутренних частях зерен сульфидов. Ход этого процесса обычно контролируется элементным анализом продуктов биокисления, реже — рентгенофазовым. Дополнив анализ методами прямого наблюдения за поведением минералов в процессе переработки руды, микррооптическими и электронно-микроскопическими исследованиями, можно существенно облегчить

разработку эффективных технологических режимов. Ниже на примере одного из золото-сульфидных месторождений рассмотрены результаты расширенного минералого-аналитического изучения золотосодержащего концентрата руды в процессе его биотехнологической переработки.

Благороднометальное оруденение месторождения отнесено к золото-мышьяково-сульфидному минеральному типу, а по особенностям соотношения сульфидов и кварца, распределению рудных минералов в рудах и особенностям нахождения в них золота — к формации прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд в углеродисто-терригенных толщах [7]. Золото присутствует в самородной форме при существенном преобладании тонкодисперсных его выделений над видимыми (более 80%).

Сложный многоэтапный процесс формирования месторождения обусловил разнообразие текстур руд, относящихся как к метасоматическим, так и к текстурам выполнения открытых полостей. Структуры роста и преобразования минеральных выделений также многообразны. Отмечаются структуры друзовидные и друзовые свободной кристаллизации, интерстициальные с формированием минеральных ассоциаций в условиях стесненной кристаллизации, а также распада твердых растворов, пластичных и хрупких деформаций, замещения, растворения и регенерации.

Проба руды, изученная комплексом минералого-аналитических методов в процессе биотехнологических испытаний, представлена прожилково-окварцованными, серицитизированными, местами частично каолинизированными породами, преимущественно углеродистыми алевролитами, сланцами и песчаниками с вкрапленностью и тонкими прожилками золотосодержащих сульфидов. Среди них преобладают пирит и арсенопирит, значительно реже встречаются антимонит, сфалерит, халькопирит, галенит, изредка отмечаются различные сурьмяные сульфосоли свинца и меди, пирротин. В рудах постоянно присутствует сорбционно-активное углестое вещество, локализованное вдоль сланцеватости пород. Сульфиды в виде тонкозернистых выделений составляют 6–8% от общей их массы. Содержание Au в руде 8 г/т.

Средняя проба руды была раздроблена до –2 мм и далее измельчена до –0,074 мм (90%), после чего подвергнута флотации с получением коллективного сульфидного концентрата. В концентрате существенно (до 98 г/т) повысилось содержание золота. Однако и при таких высоких содержаниях извлечь основную его часть традиционными методами не удается. Из крупнозернистого продукта дробления еще перед его измельчением были отобраны еди-

ничные зерна рудных минералов для изготовления брикетов-аншлифов. В них под оптическим микроскопом видимое золото не обнаружено. Лишь при исследовании брикетов под растровым электронным микроскопом в нескольких зернах пирита и арсенопирита были выявлены единичные микронные включения золотин.

Дальнейшие минералого-аналитические исследования проводились на коллективном сульфидном концентрате, полученном при флотационном обогащении руды, а также на ряде твердых продуктов его биоокисления и кислотной обработки этих продуктов. Флотационный концентрат подвергся биоокислению в непрерывном режиме в реакторах 1–3. Исходный флотационный концентрат и твердые остатки каждой стадии биоокисления дополнительно в течение 2 ч обрабатывались растворами кислот (исходный флотационный концентрат — слабой серной, а остальные продукты — соляной кислотой). В табл. 1 приведен химический состав концентрата, а в нижней строке табл. 2 помещены данные по его фазовому (вещественному) составу, полученные путем пересчета результатов элементного анализа с учетом материалов рентгенофазового исследования. Четыре верхние строки табл. 2 отражают результаты анализа фазового состава твердых остатков разных стадий биоокисления концентрата. В табл. 3 приведены данные по фазовому составу твердых остатков биоокисления флотационного концентрата, подвергшихся последующей кислотной обработке.

1. Химический состав сульфидного концентрата

Элементы и соединения	Содержание, %
SiO ₂	32,4
Al ₂ O ₃	10,9
CaO	0,7
MgO	1,81
P ₂ O ₅	0,23
TiO ₂	0,85
MnO	0,27
Na ₂ O	0,3
K ₂ O	1,65
Fe _{общ}	19,44
S _{общ}	18,9
S _{сульф}	18,42
Sb	0,7
As	5,0
Cu	0,37
Zn	0,78
Pb	0,2
C _{орг}	2,27
Au, г/т	98,0
Ag, г/т	15,0

2. Вещественный состав сульфидного концентрата и твердых остатков его биоокисления

Продолжительность биоокисления, ч	Содержание, %							Всего
	FeAsS	Sb ₂ S ₃	FeS ₂	C _{орг}	SiO ₂	Осадки Fe, As и др.	Прочие нерудные минералы	
40	0,94	0,17	20,1	2,5	36,2	16,9	23,16	100
60	0,67	0,09	14,4	2,6	37,4	20,3	24,45	100
80	0,37	0,09	9,9	2,7	39,1	22,2	25,54	100
Исходный концентрат	10,33	1,82	33,69	2,27	32,4	7,8	11,66	100

Большая часть продуктов биоокисления, в том числе после их кислотной обработки, а также исходный флотационный концентрат параллельно изучались методом автоматического морфоструктурного анализа и с помощью электронной микроскопии. Автоматический морфоструктурный анализ, выполняемый на основе компьютерной системы анализа изображений, заключается в математической обработке планиметрических характеристик объектов наблюдения, которые регистрируются оптическими приборами. Определение морфометрических характеристик минералов производилось с использованием программы Leica QWin Standart, адаптированной для решения минералогических задач. Гранулометрический анализ выполнялся на основе программы TomAnalysis, разработанной в ГНЦ РФ ВНИИгеосистем [5] на базе созданной ранее в ВИМСе и используемой до сих пор программы САИМ [1].

Применение метода анализа изображений для оценки исходного состава и продуктов биоокисления труднообогатимых золотосодержащих сульфидных руд на практике сталкивается с определенными трудностями. В них, как правило, низкие содержания рудных компонентов и высокая дисперсность основной части золота. Размер частиц золота находится за пределами разрешения световых микроскопов. Поэтому микрооптические методы для изучения золотоносности таких руд чаще всего непригодны. Статистически достоверный оптико-геометрический фазовый анализ также трудно осуществим. Во-первых, он требует применения слож-

ной комплексной методики пробоподготовки. Необходимы дробная классификация и фракционирование проб, а также изготовление из полученных продуктов значительного количества комбинированных шлифов (брикетов) из материала тяжелой и прозрачных шлифов-брикетов — из легкой фракции каждого класса (до 60–80 шлифов) с их последующим автоматическим оптико-геометрическим анализом. Во-вторых, минеральный состав тонких классов пробы («микронников») может быть определен лишь рентгенофазовым анализом или путем пересчета данных элементного анализа этих классов на фазовый состав продукта.

Такие же, если не большие, трудности возникают при автоматическом оптико-геометрическом анализе концентратов флотационного обогащения руд и твердых продуктов их биоокисления. Разнозернистый состав материала, его значительное обогащение высокодисперсными компонентами, диагностика отдельных зерен которых ограничивается разрешающей способностью системы распознавания (размер зерен должен быть не меньше 0,002–0,004 мм, различие по отражению не менее 2%), затрудняют изготовление качественных аншлифов-брикетов и их изучение.

При выполнении настоящей работы малые размеры минеральных зерен и близкие значения отражения для пирита и арсенопирита — главных концентратов золота в руде рассматриваемого месторождения — не позволили с достаточной точностью селективно выделить эти фазы; они измерялись совместно. Не могли селективно определяться

3. Вещественный состав твердых остатков биоокисления сульфидного концентрата, обработанных кислотами

Продолжительность биоокисления, ч	Содержание, %						Всего
	FeAsS	Sb ₂ S ₃	FeS ₂	C _{орг}	SiO ₂	Прочие твердые фазы	
40	1,16	0,206	24,76	3,13	44,7	26,1	100
60	0,87	0,113	18,84	3,43	48,9	27,8	100
80	0,50	0,118	13,54	3,75	53,5	28,6	100

и зерна анизотропных минералов, характеризующиеся двуотражением, в частности изредка встречавшиеся в препаратах зерна антимонита. Они регистрировались вместе с пиритом и арсениопиритом. Поэтому в ведомости конечные результаты автоматического оптико-геометрического анализа измерения всех зерен высокоотражающих рудных минералов приведены вместе (табл. 4).

Проанализированы следующие материалы:

концентрат — сульфидный концентрат крупностью $-0,44 \text{ мм} + 0$;

продукт 1 — продукт биоокисления концентрата в течение 40 ч;

« 2 — продукт биоокисления концентрата в течение 60 ч;

« 3 — продукт биоокисления концентрата в течение 80 ч;

« 4 — продукт двухчасовой обработки концентрата слабой серной кислотой;

« 5 — продукт солянокислой обработки продукта 1;

« 6 — продукт солянокислой обработки продукта 2;

« 7 — продукт солянокислой обработки продукта 3.

Несмотря на жесткие методические ограничения автоматического анализа изображений, полученные характеристики позволяют выявить ряд морфоструктурных особенностей минеральных зерен, подтверждающих действенность биоокисления и кислотной обработки твердых продуктов этих процессов.

Из табл. 4 следует, что средний размер зерен по мере увеличения времени обработки концентрата в реакторах уменьшается (от 5,8 мкм в исходном концентрате до 4,0 мкм после 80 ч биоокисления). При этом сокращается различие между минимальным и максимальным размерами зерен в каждом продукте. Самый диспергированный материал отмечается

в продукте 7 после кислотной обработки пробы, выщелоченной в течение 80 ч. Коэффициент изрезанности также дает определенную информацию о ходе процесса биоокисления концентрата. Он выше у слабо изрезанных зерен. Соответственно его значение выше у исходного концентрата (0,8) и снижается в продукте 3 до 0,73. Для зерен малого размера этот параметр уже неинформативен, поскольку система анализа изображений не может определять изрезанность столь малых объектов и считает их близкими к округлым.

Наиболее информативными оказались электронно-микроскопические исследования. Они проводились с применением электронных микроскопов просвечивающего типа (ПЭМ) и растровых электронных микроскопов (РЭМ), снабженных рентгеноспектральным микрозондовым анализатором. Наблюдениями в РЭМ при увеличениях от нескольких сот до ста тысяч раз выявляются особенности морфологии минеральных зерен, признаки коррозии сульфидов, устанавливается их гетерогенность, в частности удается обнаружить в зернах включения других минеральных фаз, в том числе и золота. Использование микрозондовой приставки к растровому микроскопу позволяет проводить рентгеноспектральный анализ локальных участков зерен (минимальным диаметром до 5–6 мкм), определять элементный состав этих участков с точностью, достаточной для установления их фазовой принадлежности и выявления элементов-примесей. Следует иметь в виду, что с помощью микрозондовой приставки нельзя полностью определить состав фаз, содержащих легкие элементы (меньше 11-го номера Периодической системы Д.И. Менделеева).

Исследуемые с помощью РЭМ препараты представляли собой сколы зерен сульфидов и других фаз. Порошковатые флотационные концентраты и тонкозернистые продукты биоокисления пок-

4. Результаты гранулометрического и морфометрического анализов рудных зерен в сульфидном концентрате труднообогатимой золотосодержащей руды и продуктах ее биотехнологической переработки с использованием системы автоматического анализа изображений

Анализируемый материал	Размер, мкм			Коэффициент изрезанности	Фактор формы	Удлинение
	минимальный	средний	максимальный			
Концентрат	2	5,8	202	0,80	0,70	1,82
Продукт 1	2	5,2	27	0,78	0,72	1,98
» 2	1	3,9	18	0,81	0,7	1,94
» 3	2	4,0	18	0,73	0,73	1,76
» 4	2	6,2	82	0,78	0,71	1,90
» 5	2	5,1	29	0,79	0,72	1,86
» 6	2	4,5	23	0,81	0,73	1,86
» 7	2	3,8	11	0,83	0,74	1,87

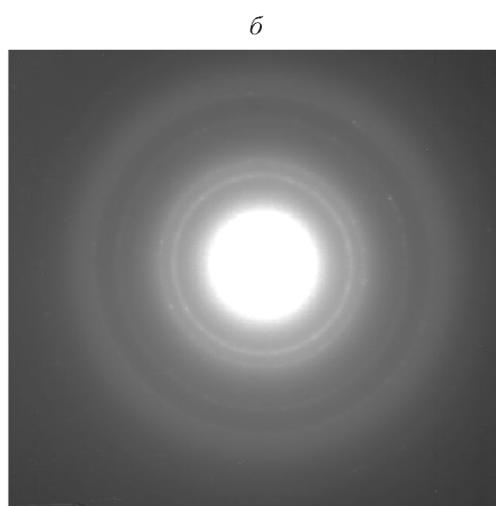
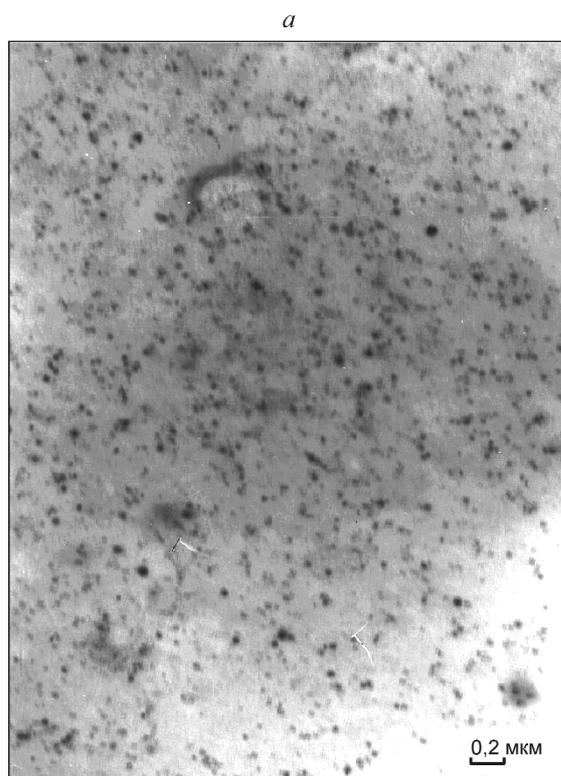


Рис. 1. Арсенопирит с включениями золота ультрадисперсных размеров (*a*) и микродифракционная картина выделений золота (*б*)

рывались, как и крупнозернистые препараты, проводящей угольной пленкой в напылителе ВУП-4.

Препараты для исследования в ПЭМ готовились из рыхлого тонкозернистого материала. Порошок закреплялся на предметном стекле раствором эпоксидной смолы в ацетоне. Затем по обычной методике на препарат напылялась угольная реплика, которая извлекалась с помощью желатина. Применение

электронного микроскопа просвечивающего типа расширяет диапазон увеличений до 1000–200 000 раз и позволяет диагностировать минеральные фазы методом микродифракции электронов. В частности, этим методом во многих зернах арсенопирита из исходной руды и концентрата удалось обнаружить значительное количество ультрадисперсных выделений золота в виде контрастных структурно слабо упорядоченных сгустков размером в первые десятки нанометров (рис. 1). С экстрагированного на реплику вещества был получен рентгеновский характеристический спектр (ПЭМ), согласно которому содержание золота на поверхности этого участка достигает 21%. Это золото, по всей вероятности, и составляет основную часть неизвлекаемого металла упорной руды исследуемого золото-сульфидного месторождения, поскольку для высвобождения из минералов-концентраторов столь малых включений золотосодержащий концентрат должен быть измельчен до коллоидной крупности.

Основная часть препаратов-брикетов из зерен сульфидов исходной руды и флотоконцентрата изучалась с помощью РЭМ (рис. 2–4; см. рис. 1). Детально изучена золотосодержащая поверхность основного золотосодержащего минерала — арсенопирита, размеры и формы золотин.

На рис. 2 показана поверхность пришлифованной частицы арсенопирита, которая разбита трещинами и содержит поры различных размеров, частично заполненные дисперсным веществом. Исследование этого вещества с помощью микро-

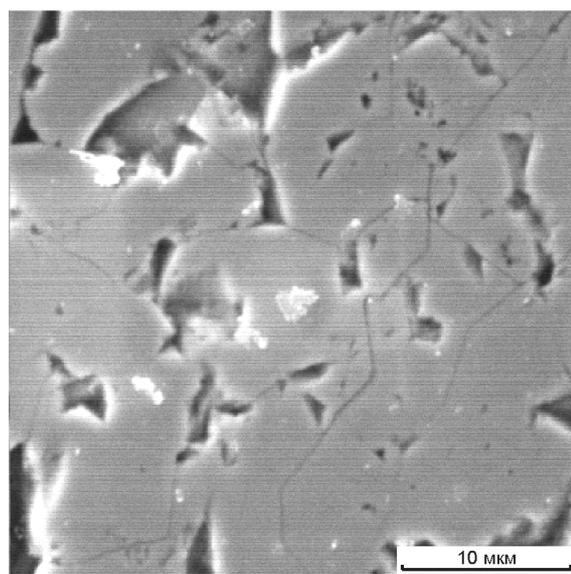


Рис. 2. Трещиновато-пористая структура арсенопирита с включениями золота (содержание Au от долей до первых процентов)

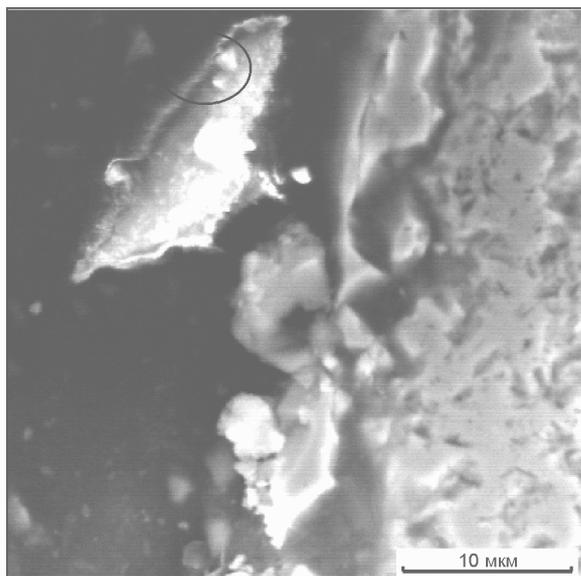


Рис. 3. Повышенная золотосодержательность мелких зерен арсенопирита (слева) по сравнению с крупными (справа) в брикете из флотационного концентрата

зондовой приставки выявило в нем повышенное содержание золота от долей до первых процентов. В ненарушенных участках зерна содержание золота лежит за пределами чувствительности метода.

Различна золотосодержательность крупных и мелких зерен арсенопирита. Так, крупное, разбитое на блоки зерно арсенопирита и его отдельные блоки практически не содержат золота, а небольшой ромбовидной формы кристалл в выделенном участке содержит, %: 17,8 S, 35,78 Fe, 20,7 As, 3,7 Au, 1,9 Ag (см. рис. 3).

Включения самородного золота в сульфидах имеют разные формы и размеры. Наряду с преобладающими ультрадисперсными частицами золота (см. рис. 2), в руде имеются также и относительно крупные золотишки размером от долей до 10 мкм. На рис. 4 приведен снимок зерна арсенопирита в кварце, в котором установлены мелкие включения золотинок, а на поверхности обнаружен относительно крупный листоватый агрегат золота с содержанием 79,4% Au, 13,2% Ag. Характерно повышенное содержание в таких включениях серебра.

Данными исследованиями подтверждены ранее отмеченная золотосодержательность арсенопирита второй генерации удлиненного призматического габитуса и почти полная стерильность по золоту крупнокристаллического арсенопирита более ранней, первой, генерации [6]. Особенностью изучаемого материала являются его повышенная трещиноватость, блочность и кавернозность. Частично эти наруше-

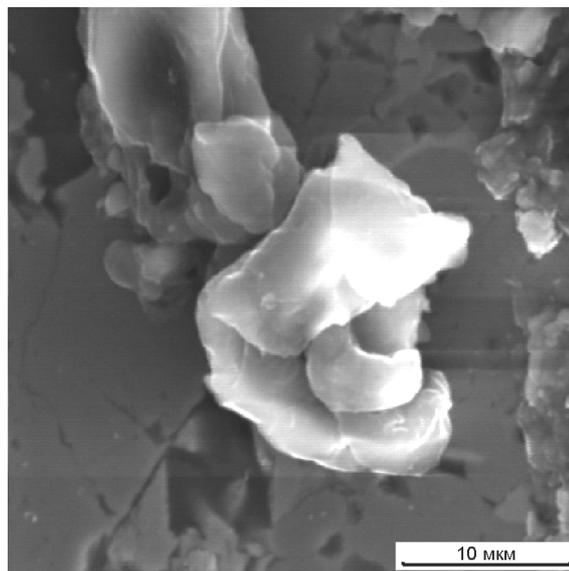


Рис. 4. Относительно крупный листоватый агрегат золота в зерне арсенопирита

ния сплошности минералов связаны с механическими воздействиями в процессе дробления руды. В то же время, нельзя исключить и их природный катаклиз, тем более, что соответствующие структуры первичных руд отмечались и другими исследователями [7]. Интересна находка в руде хромита в ассоциации с пиритом. Ранее хромит в рудах этого месторождения не отмечался.

С помощью РЭМ с электронно-зондовой приставкой исследована кинетика бактериального окисления упорного золотосодержащего концентрата и проведено минералого-аналитическое изучение твердых остатков биоокисления сульфидного концентрата и кислотной обработки этих остатков. На рис. 5–9 показаны изменения в структуре и составе сульфидов при различной длительности (40, 60 и 80 ч) бактериального окисления концентрата, соответственно продукты 1, 2 и 3. В продукте 1 (рис. 5) наблюдается преобразование частиц сульфидов в процессе биоокисления. Наибольшему изменению за счет потери серы подверглось центральное зерно пирита. По данным анализа в его составе содержится, %: 25,8 Si, 11,5 S, 42,1 Fe, 2,1 Au, 0,6 Ag. В остальных зернах сульфидов также отмечается потеря серы, но содержания Au в них ниже предела обнаружения зондом.

В продукте 1 встречаются как слабо окисленные, так и активно разрушенные зерна. Зерна золотосодержащих пиритов часто теряют серу и сохраняют большую часть железа. Отмечаются поликомпонентные агрегаты, новообразованные за счет конденсации на поверхности первичных зерен

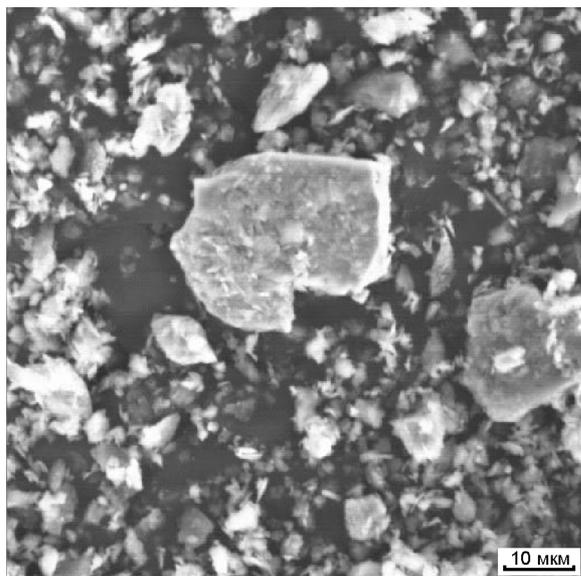


Рис. 5. Продукт 1 с измененными зернами пирита, из которых в процессе биоокисления вынесена сера

сульфидов компонентов, возникающих при биоокислении концентрата. В составе агрегата выявлены, %: 29,1 Al, 52,9 Si, 3,7 S, 6,7 Fe, 1,2 As, 0,4 Au, 1,5 Ag (см. рис. 6). Значительные содержания алюминия связаны в данном случае, как и в большинстве других, с попаданием в сферу возбуждения микрозонда алюминиевой подложки, на которой закреплены суспензионные препараты.

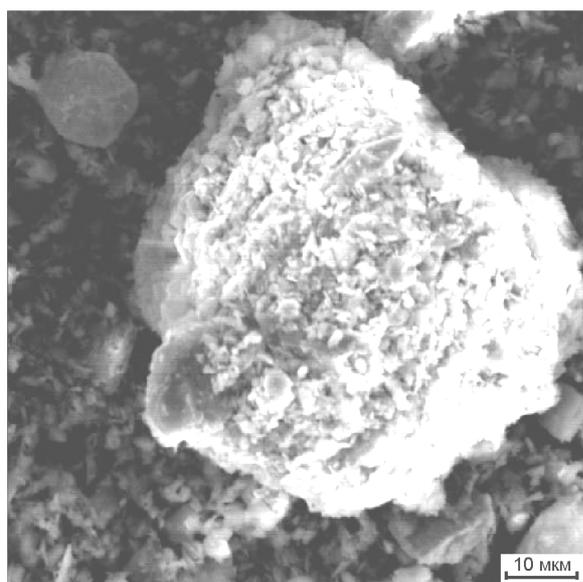


Рис. 6. Поликомпонентный агрегат, выделенный из продукта 1

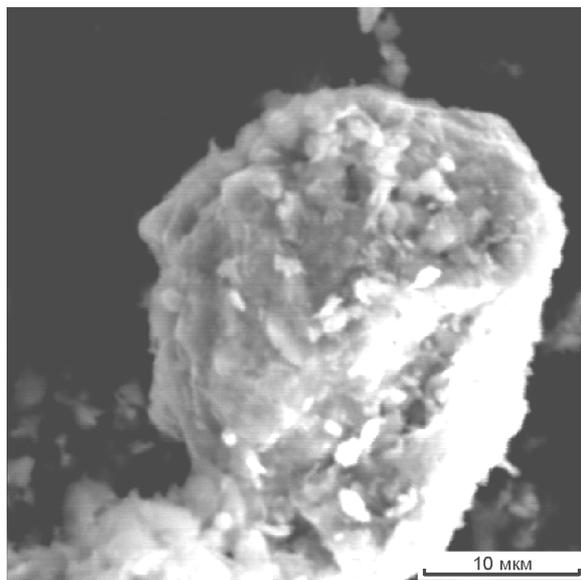


Рис. 7. Зерно пирита продукта 2, покрытое кремнеземом

В продукте 2 с 60-часовым периодом биоокисления концентрата отмечается более интенсивное разрушение основной части зерен сульфидов. В результате изменяется его химический состав, наблюдается переход S, Fe, As и других компонентов из сульфидов в жидкую фазу (бактериальный раствор). Снижается содержание сульфидной составляющей концентрата, при этом кварцевая остается без изменения. В целом фиксируется некоторое обогащение остатка бактериального выщелачивания кремнеземом (см. рис. 7). Диффузное осаждение последнего на окисляемых сульфидах, может, по-видимому, затруднять процесс их окисления. Анализ показал, что в состав зерна пирита входят, %: 33,5 Si, 6,8 Al, 21,3 S, 25,0 Fe, 2,7 As, 3,4 Au, 1,7 Ag.

Зерна золотосодержащего пирита по-разному реагируют на биоокисление. Отдельные зерна почти не окисляются, они слабо изменены морфологически, сохраняют исходный состав и относительно высокие содержания золота (6,8 %) и других компонентов (35,6% S, 39,3% Fe) (см. рис. 8). Возможно, это обусловлено отличиями в электрофизических свойствах разных зерен минерала (дырочная или электронная проводимость ?).

В продукте 3 после 80-часового биоокисления концентрата отмечается еще более интенсивное разрушение основной массы сульфидов. Значительным изменениям морфологии и состава в условиях биоокисления чаще подвергаются крупные трещиноватые и кавернозные зерна. Так, крупное зерно пирита (см. рис. 9) существенно окислено. В

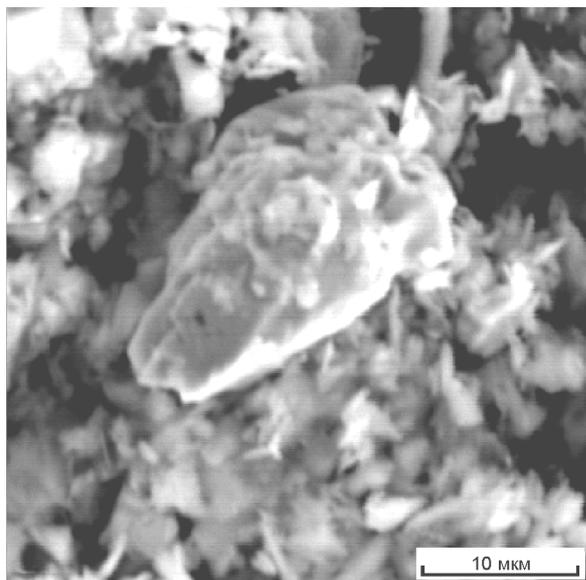


Рис. 8. Зерно золотосодержащего пирита, слабо измененное морфологически и по составу (в центре) после 80-часового биовыщелачивания

его составе присутствуют, %: 15,6 Al, 11,3 Si, 64,2 Fe, 1,7 S, 0,2 Au. Мелкие фрагменты зерен при выщелачивании ведут себя по-разному, но обычно меньше разрушаются, чем крупные. Остается некоторая часть слабо затронутых изменением мелких зерен сульфидов (показано стрелкой на рис. 9), которые слабо преобразованы и практически не поте-

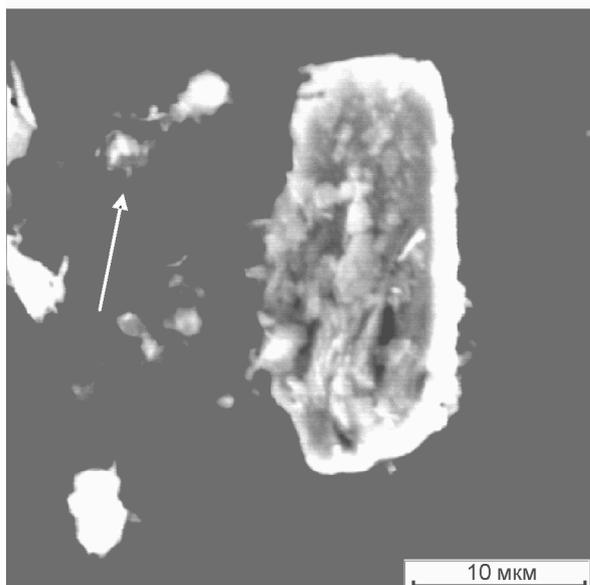


Рис. 9. Крупное зерно пирита в значительной степени окисленное и мелкие обломки зерен лучшей сохранности

ряли золото и другие компоненты, %: 16,6 Al, 32,9 Si, 15,6 S, 21,0 Fe, 0,6 As, 2,8 Au.

Причина этого явления пока неясна. Возможно, кремнийсодержащая составляющая и другие примесный компоненты, исходно присутствующие в руде, экранируют воздействие бактерий и препятствуют окислению сульфидов. Это может быть связано также с «налипанием» на поверхность сульфидов вторичных продуктов биоокисления (гётита, скородита, ярозита и др.).

Установлено, что золото присутствует не во всех зернах сульфидов, что характерно как для исходной пробы, так и для продуктов биоокисления концентрата. Снимки в РЭМ сделаны, как правило, на тех зернах, в которых после просмотра нескольких десятков не содержащих золота частиц оно фиксируется количественно с помощью микрозондовой приставки к микроскопу. Характерно неравномерное распределение золота по видимой поверхности зерен сульфидов. Наблюдаются участки зерна, где оно полностью отсутствует.

С использованием растрового электронного микроскопа было рассмотрено воздействие на концентрат и продукты биоокисления кислотных реагентов. Кислотная обработка сульфидного концентрата лишь частично изменяет первичный облик и состав зерен пирита и других сульфидов. Наибольшему разрушению подвергаются зерна сфалерита. На поверхности зерен арсенопирита и пирита в участках интенсивного выщелачивания отмечается более высокая концентрация золота. На рис. 10 показан участок суспензионного препарата про-

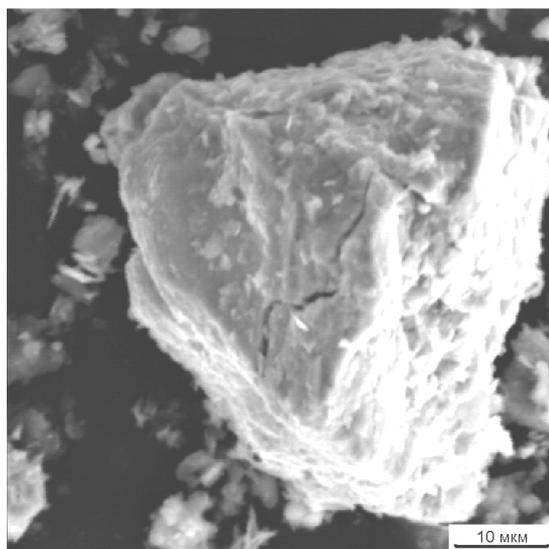


Рис. 10. Флотационный концентрат, слабо измененный в процессе кислотной обработки без применения бактерий

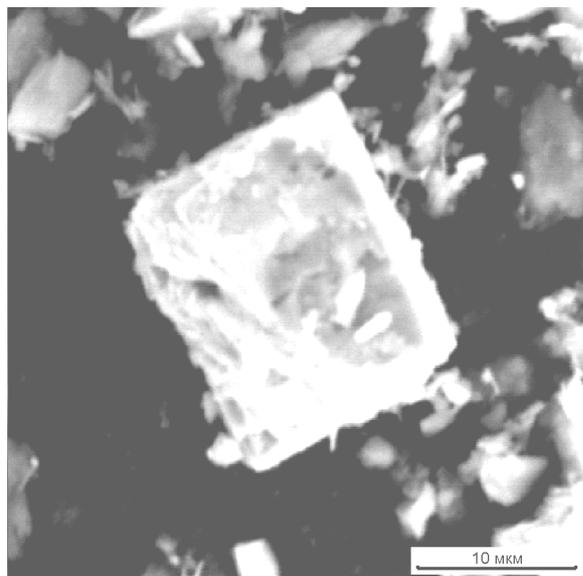


Рис. 11. Частично окисленное, кавернозное зерно пирита, поверхность которого обогащена золотом, из продукта 5 после 40-часового биоокисления и солянокислотной обработки

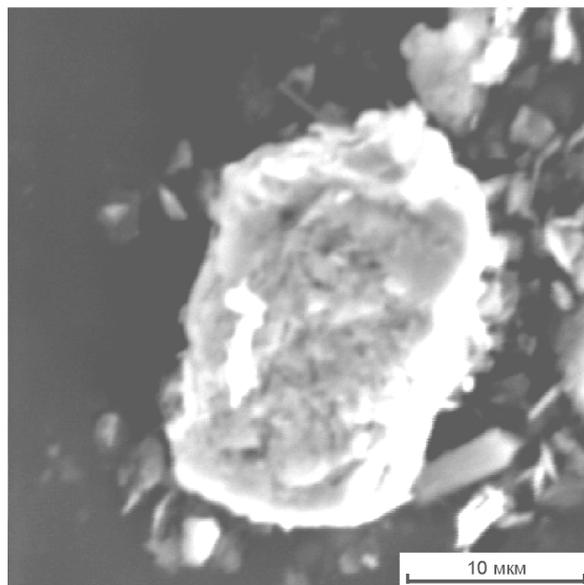


Рис. 12. Зерно пирита, интенсивно выщелоченное в центре, из продукта 6 после 60-часового биоокисления концентрата и солянокислотной обработки

дукта 4, приготовленного из концентрата, обработанного в течение 2 ч серной кислотой. Принадлежность крупного зерна и мелких частичек к сульфидам установлена на основе элементного анализа с помощью микрозондовой приставки. Кислотная обработка концентрата без применения бактерий малоэффективна, о чем свидетельствуют слабое растворение как крупных, так и мелких зерен сульфидов и незначительная коррозия их поверхности.

Поскольку наибольший интерес вызывают золотосодержащие зерна, основное внимание при исследованиях уделено именно им. Распределение золота в частице на рис. 10 неравномерно: есть обогащенные участки, а в других местах содержание его находится за пределами чувствительности метода. Не все частицы столь богаты золотом (5%), как отмеченная выше.

После солянокислотной обработки продукта 1, прошедшего бактериальное выщелачивание в течение 40 ч, интенсивность биовыщелачивания ярко подчеркивается изменением поверхности зерен сульфидов: они становятся кавернозными, пористыми, выявляется внутренняя структура минерала. В отдельных зернах продукта 5 происходит существенное обогащение золотом поверхностных участков. В крупном зерне анализом установлены следующие содержания, %: 9,7 Al, 16,0 Si, 34,7 S, 28,5 Fe, 5,8 Au, 1,1 Ag. Такой состав характерен и для мелких зерен пирита (рис. 11).

Еще более ярко признаки кислотного выщелачивания с изменением состава и морфологии зерен сульфидов проявляются в препарате продукта 6 (60-часовое биовыщелачивание концентрата и солянокислотная обработка). Здесь также наблюдается ранее отмеченная закономерность активного окисления крупных зерен по сравнению с мелкими. В

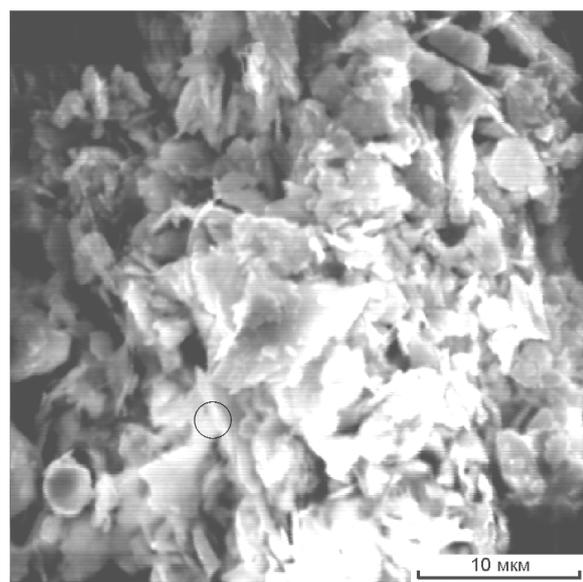


Рис. 13. Силикатсодержащий агрегат с незначительным количеством золота из продукта 6

ряде случаев отмечается более интенсивное выщелачивание центральной части зерен (рис. 12). Зерно содержит, %: 4,5 Si, 30,7 S, 54,8 Fe, 6,9 Au. Количество элементов-примесей в нем незначительно.

Исследование на РЭМ продукта 7 (80-часовое биоокисление концентрата и солянокислая обработка) показало, что в нем процесс разрушения сульфидов идет еще дальше. Однако и в этом продукте присутствуют не полностью разрушенные мелкие зерна сульфидов, в основном золотоносного пирита. Незначительная часть выщелоченного из сульфидов золота, по-видимому, в форме ультрадисперсных частиц сорбционно задерживается на активной поверхности силикатных фаз (алюмосиликата), достаточно устойчивых в условиях биоокисления и кислотного воздействия (рис. 13). В состав алюмосиликата входят, %: 38,7 Si, 56,5 Al, 1,2 S, 0,7 Fe, 0,2 Au, а также ряд малых элементов-примесей.

На рис. 14 показан препарат, изготовленный из продукта 6, который содержит массу силикатных компонентов, в том числе, как правило, не затронутые кислотным воздействием частицы углистого дендрита. С помощью микрозондовой приставки в нем выявлено, %: 22,0 Al, 44,3 Si, 12,9 S, 4,3 Fe, 1,2 Ti, 2,9 Au; 3,9 Ag.

Результаты проведенного минералого-аналитического исследования упорной золотосодержащей руды и продуктов ее биотехнологической переработки позволяют с уверенностью говорить о перспективности применения рассматриваемой методики в общем комплексе работ, направленных на ско-

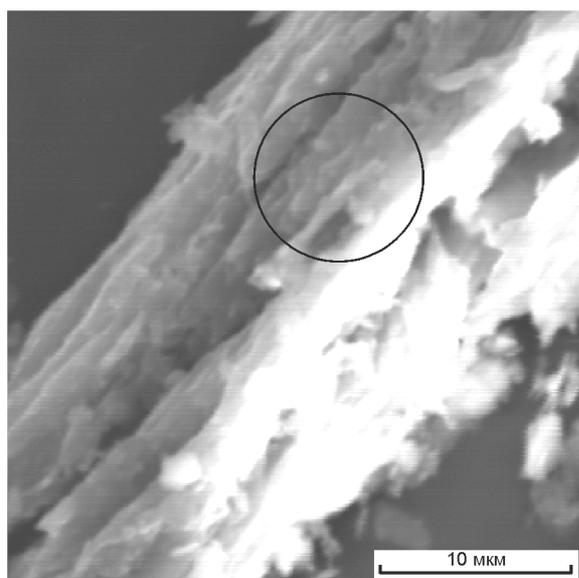


Рис. 14. Силикатсодержащий агрегат с углистым дендритом из продукта 6

рейшее практическое использование этого вида минерального сырья. Ценность получаемой в данном случае информации окупает высокую стоимость используемых аналитических методов. Приведенный материал показывает, что сочетание методов традиционного элементного анализа руд, концентратов и продуктов их биоокисления с автоматическим анализом изображений и электронно-микроскопическими исследованиями позволяет выявить особенности минерального состава исходного сырья, поведение отдельных минералов в процессе биотехнологической переработки руды и объективно оценить эффективность этого процесса.

Отметим, что высокое разрешение, достигаемое при использовании электронно-микроскопических методов, показывает целый ряд тонких особенностей состава и строения минеральных компонентов руды, позволяет понять динамику процесса биоокисления руды и причины неполного окисления сульфидов, недовскрытия тонкодисперсного золота и последующего недоизвлечения его на стадии гидрометаллургической переработки твердых остатков биоокисления. Можно с уверенностью говорить том, что дальнейшие исследования на основе достижений современной наноминералогии с использованием комплекса методов и, прежде всего, высокоразрешающей оптической и электронно-микроскопической аппаратуры помогут разобраться в природе различного поведения минералов-концентратов благородных металлов в биотехнологическом процессе и в целом обеспечат повышение эффективности переработки упорного золотосодержащего сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ изображения для решения теоретических и практических минералого-технологических задач. – М.: ВИМС, 1991.
2. Гаврилов А.М., Седельникова Г.В. Некоторые особенности распределения и формы нахождения «упорного» золота в сульфидах одного из месторождений вкрапленных руд в углеродсодержащих толщах // Тр. ЦНИГРИ. 1981. Вып. 157. С. 33–36.
3. Гаврилов А.М., Новожилов Ю.И., Сидоров А.А. О принадлежности золото-мышьяково-сурьмяной минерализации к формации «вкрапленных сульфидных руд с тонкодисперсным золотом» // Тихоокеанская геология. 1986. № 3. С. 108–111.
4. Гранулометрический анализ объектов в микрооптических препаратах на основе компьютерных технологий с использованием анализатора изображений. Инструкция № 49. – М.: ВИМС, НСОММИ, 1999.
5. Инструкция для пользователя по обработке изображений с помощью программы «TomAnalysis» (на примере геологических образцов). – М.: ВНИИгеосистем, 2003.

6. *Минералогия и генетические особенности золото-серебряного оруденения северо-западной части Тихоокеанского обрамления* / Н.А.Шило, М.С.Сахарова, Н.Н.Кривицкая и др. – М.: Наука, 1992.
7. *Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах.* – М.: ЦНИГРИ, 1999.

УДК 622.7:553.411.068.3

© Е.А.Кошель, Г.С.Крылова, Г.В.Седельникова, 2007

О ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РУД ИЗ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ

Е.А.Кошель, Г.С.Крылова, Г.В.Седельникова (ЦНИГРИ Роснедра МПР России)

Представлены сравнительные результаты обогатимости руды золотоносных кор выветривания одного из месторождений с применением нетрадиционных технологий — кучного выщелачивания и интенсивного цианирования.

Расширение минерально-сырьевой базы золота связано с выявлением и вовлечением в промышленную переработку новых месторождений, в том числе золотоносных кор выветривания. Золотоносные коры выветривания, расположенные на территории России, обычно представлены глинами с охрами, стяжениями оксидов железа и марганца, обломками кварца. По составу глин выделяются гидрослюдис-

тые, гидрослюдисто-монтмориллонитовые, гидрослюдисто-каолинитовые минеральные типы; встречаются золотоносные маршаллиты (Н.М.Риндзюнская, Т.П.Полякова, Р.О.Берзон, 1992).

Ранее выполненные в ЦНИГРИ исследования показали, что коры выветривания имеют довольно сложный состав: содержат большое количество глинистых компонентов (20–80%), золото различ-

1. Формы нахождения золота в тонкоизмельченном (95% –0,074 мм) материале

Формы золота	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
Амальгамируемое, свободное	0,85	31,54
В сростках, цианируемое	1,33	51,25
В кислоторастворимых минералах и под пленками	0,04	1,55
Тонковкрапленное в сульфиды	0,02	0,84
Тонковкрапленное в кварц	0,34	14,82
Итого (по балансу)	2,58	100,00

2. Гранулометрическая характеристика руды коры выветривания

Классы, мм	Выход, %	Содержание Au, г/т	Распределение Au, %
+2	6,07	3,06	7,21
–2+1	5,89	6,60	15,08
–1+0,5	6,41	4,96	12,33
–0,5+0,315	3,73	16,89	24,33
–0,315+0,1	3,76	8,80	12,83
–0,1+0,074	1,15	5,54	2,47
–0,074+0,044	3,68	2,14	3,05
–0,044	69,31	0,84	22,59
Итого	100,00	2,58	100

ной крупности, в том числе мелкое и тонкое, неравномерно распределенное по классам крупности.

Один из перспективных методов извлечения золота из бедного сырья — окисленных руд и руд кор выветривания — кучное выщелачивание (Г.В.Седельникова, Г.С.Крылова, Н.И.Королев и др., 2000).

Рассмотрим результаты технологической оценки золотосодержащей коры выветривания одного из разведываемых месторождений. Материал лабораторной пробы состоит из глинистых минералов (каолинита, монтмориллонита) с буровато-рыжими охрами и имеет следующий химический состав, %: 51,3 кварц, 15,0 оксид алюминия, 10,9 железо, 4,42 оксид бария, 0,71 сера, 0,51 свинец, 2,58 г/т золото.

По данным фазового анализа (табл. 1) основная масса золота в руде представлена цианируемыми формами (свободное и в сростках) — 82,79%, в том числе амальгамируемыми — 31,54%, что создает реальные предпосылки для извлечения его гравитационными и гидрометаллургическими методами. В кислоторастворимых минералах (под пленками) и в сульфидах находится незначительное количество золота — 1,55 и 0,84% соответственно. В виде тонкой вкрапленности в кварце и других кислотонерастворимых минералах рассеяно 14,82% Au. Золото, связанное с породообразующими минералами, может теряться с хвостами цианирования.

Гранулометрический анализ мелко дробленной руды (табл. 2) показал, что материал исследуемой пробы (93,9% класса –2 мм) содержит значительное количество тонких классов — 69,3% –0,044 мм, представленных глинистыми минералами и шламом, которые могут осложнять процесс кучного выщелачивания. Золото распределяется в руде неравномерно: значительное его количество (37,16%) находится в классах –0,5+0,3 и –0,3+0,1 мм. Тонкий класс (–0,044 мм) обеднен золотом, но учитывая его большой выход, в нем находится 22,59% Au.

Морфология золота в руде многообразна и представлена кристаллическими, дендритовидными, комковидными и пластинчатыми формами.

Поверхность золотин шагреновая, цвет темно-желтый, желтый с зеленоватым оттенком, размер золотин колеблется от 1,35 мм до субмикронных частиц, преобладают зерна размером 0,30 мм.

Исследуемая руда по вещественному составу и особенностям содержащегося в ней золота является довольно бедной и содержит 2,58 г/т Au. По данным фазового анализа руда относится к легкообогащаемому типу. Учитывая наличие свободного и цианируемого золота, можно предположить, что наиболее рациональными методами переработки данной руды могут быть гравитационное обогащение, цианирование (в вариантах чанового или кучного выщелачивания) или их комбинация.

Эксперименты по гравитационному обогащению руды проводили по двухстадиальной схеме при крупности руды 50% –0,074 мм на первой стадии и 96% –0,074 мм на второй. На первой стадии гравитации получена золотая головка с содержанием 1,87 кг/т Au при малом выходе (0,06%) и извлечении 53,38%, на второй стадии — концентрат с содержанием 18,41 г/т Au при извлечении 4,38%. Извлечение золота в суммарный золотосодержащий концентрат с количеством Au 216,60 г/т составляет 57,76%. При этом 42,24% Au теряется с хвостами гравитации в виде тонкого и тонкодисперсного металла. Доизвлечение золота проводилось с использованием метода цианирования. Общее извлечение золота по комбинированной гравитационно-цианистой схеме составляет 87,9%.

В процессе технологической оценки руды были также испытаны различные гидрометаллургические методы — цианирование мелко дробленной (–2 мм) и тонкоизмельченной (90% –0,074 мм) руды, интенсивное цианирование и кучное выщелачивание.

Цианирование руды, измельченной до крупности 90% –0,074 мм, проводили при плотности пульпы 50% тв., концентрации цианида натрия 0,10%, продолжительности 24 ч. Извлечение золота при этом составило 79,35%, расход цианида — 0,9 кг/т.

Метод кучного выщелачивания золота испытывали на руде исходной крупности (–20+0 мм) в течение 20 сут. Материал предварительно окомковали

3. Показатели переработки пробы коры выветривания с применением различных технологий

Извлечение Au, %					
Двухстадиальная гравитация	Гравитация – цианирование	Кучное выщелачивание (20 сут.)	Цианирование 90% –0,074 мм (24 ч)	Цианирование –2 мм (24 ч)	Интенсивное цианирование –2 мм (24 ч)
57,76	87,90	63,2	79,35	62,26	82,55

при расходе цемента (марки 500) 6 кг/т. Извлечение золота составило 63,2%. Удельный расход цианида на 1 г извлеченного золота равен 1,13 кг.

Сравнительные эксперименты по цианированию мелко дробленной (–2 мм) руды проводили в традиционном и в варианте интенсивного цианирования при плотности пульпы 50 и 15% тв. соответственно, концентрации цианида натрия 0,05%, продолжительности цианирования 24 ч.

Результаты цианирования показали, что извлечение золота из руды методом прямого цианирования составляет 62,26%, методом интенсивного цианирования — 82,55%. Расход цианида натрия соответственно 1,0 и 1,1 кг/т. Как видим, при использовании метода интенсивного цианирования руды, дробленной до крупности –2 мм, извлечение золота увеличивается на 20,29% по сравнению с традиционным прямым цианированием руды при такой же крупности измельчения.

Сравнительные результаты проведенных экспериментов по извлечению золота из пробы коры выветривания с применением различных технологий представлены в табл. 3.

Применение комбинированной гравитационно-цианистой технологии обеспечивает получение на-

иболее высоких (87,9%) показателей по извлечению золота. Традиционным цианированием тонкоизмельченной руды 90% –0,074 мм извлекается 79,35% Au, кучным выщелачиванием — 63,2%. Использование метода интенсивного цианирования (мелко дробленного материала –2 мм) позволяет повысить извлечение Au до 82,55% по сравнению с прямым цианированием (62,26%). Извлечение золота по чисто гравитационной схеме обогащения составляет 57,76%.

Таким образом, в результате проведенных исследований по технологической оценке обогатимости золотоносной коры выветривания одного из разведываемых месторождений были испытаны различные варианты технологических схем переработки, в том числе с применением нетрадиционных технологий — кучного выщелачивания и интенсивного цианирования мелко дробленной руды (–2 мм). Наиболее рациональную технологию переработки руды рекомендуется выбирать на основании технико-экономических расчетов предложенных вариантов технологических схем.



УДК 622.7:[622.342.1+622.349.1]

© И.А.Кубанцев, 2007

ЗАРУБЕЖНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА И МПГ ИЗ РУД (ПЕРЕВОД ПУБЛИКАЦИИ ЖУРНАЛА «MINING MAGAZINE»*)

И.А.Кубанцев (ЦНИГРИ Роснедра МПР России)

Метод цианирования, запатентованный в 1887 г., остается ведущим в золотодобывающей промышленности. Существенные усовершенствования в технологию извлечения золота были внесены в период с 1970 по 1990 гг. (кучное выщелачивание, сорбция активированным углем, успешное внедрение технологий обработки упорных руд — обжиг в кипящем слое, выщелачивание под давлением и биоокисление). Две основные проблемы, связанные с цианированием, — природоохранные и высокая стоимость технологии. Коммерческий успех гарантирован при хотя бы частичном решении одной из указанных проблем.

Компанией *SGS Lakefield Research and Thorpe Consulting* разработан новый технологический цикл, известный как процесс Ханна (Hannah Process). В нем для извлечения свободных цианид-радикалов и комплексных соединений цианида с металлами из хвостов золотоизвлекающих фабрик используются сильнощелочные ионообменные смолы. Особенно эффективен процесс Ханна для извлечения цианидов меди как из растворов, так и из пульпы.

Процесс Ханна возвращает в производственный цикл цианиды, причем себестоимость вторичного продукта вчетверо ниже, чем цена первичного (коммерческого). Если учесть, что в соответствии с законодательством многих стран полное уничтожение цианидов является обязательным, то затраты на закупку цианидов и их последующее уничтожение при использовании процесса Ханна могут быть снижены более чем в шесть раз. Ниже приведены некоторые положительные особенности этого процесса:

эффективное удаление свободных цианидов и циан-комплексов в 2–3 стадии;

быстрое извлечение цианида и соединений цветных металлов при нормальных давлении и температуре;

возможность отделения и извлечения промышленно ценных побочных продуктов (соединений меди);

возможность регенерации и повторного использования цианидов в производственном цикле, минуя технологические процедуры, при которых выделяется высокотоксичный цианистый водород.

В британской компании *Maelgwin Mineral Services (MMS)* осуществлено несколько разработок по извлечению золота из упорных руд. В частности, выполнены исследования по технологии пневмофлотации. Впервые этот технологический процесс использован в середине 80-х годов прошлого века. Впоследствии он был доработан и получил название «имхофлотация» (Imhoflot flotation process); его ключевым элементом является G-ячейка (G-cell).

Принцип действия G-ячейки, позволяющей ускорить процесс разделения компонентов и удаления флотационной пены, — центробежная сепарация. Исходный аэрированный продукт под давлением подается через тангенциальные форсунки в вихревую камеру, где поддерживается определенный режим вращательного движения частиц. Однако ячейка — не гравитационный сепаратор, и скорость вращения в ней недостаточна для отделения крупных частиц от пены. Время экспозиции материала в ячейке около 30 с, но этого хватает, чтобы многократно увеличить производительность флотационных установок.

*Clifford D. Search for philosophers'stone // Mining Magazine. 2006. № 5. P. 31–34.

Кроме того, ячейке не требуется дорогостоящий специальный воздушный насос, так как необходимый объем воздуха попутно засасывается в камеру при подаче туда обрабатываемого материала.

Побочным продуктом разработок компании *MMS* в области пневмофлотации является совершенствование так называемого аахенского реактора (*Aachen reactor*), применяемого для обогащения пульпы кислородом в процессе цианирования золотосодержащей руды. В реакторе поддерживается избыточное давление 350–450 КПа, необходимое для увеличения содержания растворенного в суспензии кислорода. В отличие от традиционного барботирования емкостей для выщелачивания в этом реакторе создается очень высокая турбулентность потока. При этом достигается максимально возможная степень концентрации кислорода в среде.

Многие типы минерального сырья содержат рудные и жильные минералы, поглощающие цианиды и кислород и, соответственно, увеличивающие их расход. В таких случаях для обеспечения необходимой скорости растворения благородных металлов не хватает кислорода, содержащегося в атмосферном воздухе. Повышение содержания кислорода в суспензии при цианировании позволяет уменьшить время обработки, повысить степень извлечения полезных компонентов и сократить расход реагентов. Последнее особенно важно для руд, содержащих пирротин: его окисление за счет дополнительного количества кислорода, проводимое перед цианированием, предотвращает образование тиоцианатов.

Эти технологические усовершенствования были успешно опробованы на объектах южноафриканской компании *Deswik Ltd* при обработке упорных руд золота в комплексе с установками сверхтонкого измельчения.

Для полномасштабной адаптации этих разработок к существующим технологическим цепочкам компания *Deswik Ltd* развернула программу модернизации оборудования. Было необходимо устранить утечки через уплотнения и фильтры, возникшие при переходе на технологию с использованием горизонтальных шаровых мельниц. Применение вертикального перемешивания с использованием высокооборотного нагнетателя (импеллера) потребовало установки 50-литровой горизонтальной шаровой мельницы на одном из южноафриканских рудников. На другом руднике, расположенном недалеко от первого, подобная мельница с рабочим объемом 250 л была смонтирована для доизмельчения флотационного концентрата. Такое переоборудование позволило довести объем производства обогатительной фабрики до 15 000 т руды в месяц.

Технологическая схема включает G-ячейку, в которой производится очистка материала перед его подачей на цианирование.

Цианирование было, есть и, по всей вероятности, останется доминирующим методом извлечения из руд. Тем не менее, некоторые компании, подчиняясь ужесточающимся требованиям экологического законодательства, ищут альтернативу.

Компания *Haber Inc* (США) разработала экологически безопасную (по ее утверждению) технологию извлечения золота из упорных руд (фирменное название HGP), основанную на использовании особого реагента. Эта технология показала положительные результаты на рудах с тонким золотом, окисленных рудах с высоким содержанием тяжелых металлов, карбонатных рудах, некоторых видах черносланцевых руд, а также рудах для кучного выщелачивания и концентратах. Кроме того, эффективность технологии проверена на рудах карбонатного и железистого (гематит) составов, а также при доизвлечении золота из хвостов.

Капиталовложения в оборудование, требуемое для реализации этой технологии, невелики; она применима как к бедным, так и к богатым рудам. При использовании выщелачивания в чанах технология HGP весьма производительна. Она хорошо вписывается в схемы противотока, при использовании которых продолжительность цикла извлечения составляет от 2 до 6 ч. Технология совместима с традиционными методами извлечения золота из растворов: сорбцией на активированный уголь, электролизом, цементацией на цинковую пыль (модифицированный Меррил-Кроу) и проч.

Лабораторные испытания показали, что по степени извлечения золота технология HGP не хуже цианирования, а иногда и превосходит его. Так, в одном эксперименте проведено сопоставление HGP и цианирования на шести типах руд (Австралия, Китай, Невада, Калифорния и Колорадо). При этом с помощью HGP за 5 ч извлечено 99% золота. Аналогичный результат при цианировании достигается в течение суток.

Недавно компания *Haber* продемонстрировала новую промышленную разборную мобильную установку для извлечения золота. С ее помощью за один цикл может быть переработано до 500 кг руды. Установка конструктивно проста, неприхотлива в обслуживании и может быть доставлена в труднодоступный малоосвоенный район. Быстрая и безопасная загрузка-разгрузка установки обеспечивается подъемно-поворотным устройством. Установки *Haber* выпускаются для предприятий малой и средней производительности. Они могут способствовать вытеснению метода амальгамации из арсенала старателей.

Компания подписала лицензионное соглашение об использовании мобильных установок в Гане.

Другой подход к разработке альтернативы цианированию продемонстрирован австралийской компанией *Biotech Solutions*. Для извлечения золота использованы принципы магнитогидродинамики (МГД) — взаимодействия электропроводящей водной дисперсной системы (суспензии) с магнитным полем. При пропускании такой суспензии с определенной скоростью через магнитное поле заданной интенсивности происходит возбуждение молекул воды (сходный эффект наблюдается при фотохимической обработке водных дисперсных систем ультрафиолетовым излучением). Это, в свою очередь, резко увеличивает скорость окисления дисперсной фазы и ускоряет процесс выщелачивания золота, осаждаемого затем на активированном угле. Компания-разработчик запатентовала МГД-систему, увеличивающую скорость извлечения золота в 16 раз при сохранении степени извлечения. За счет сокращения потребления цианидов при использовании этой технологии удалось уменьшить себестоимость производства 1 г золота примерно на 1,5 дол. США. Кроме того, экономическая эффективность процесса увеличивается также за счет подавления влияния (сорбции) мешающих примесей на активированный уголь и замедления образования накипи в нагревательных устройствах. По сведениям компании-разработчика, на монтаж МГД-системы с рабочей емкостью реактора 1 м³ требуется примерно 3 ч. Операции эксплуатационного обслуживания МГД-системы не требуют остановки всей технологической цепочки. Компания-разработчик ищет партнеров для полномасштабного внедрения разработки.

Технологические проблемы, связанные с извлечением золота из растворов, следующие:

- использование значительного количества цинковой пыли для осаждения золота (процесс Меррил-Кроу);

- неконтролируемые потери тонкой фракции золотосодержащего активированного угля;

- негативное влияние компонентов, препятствующих осаждению золота;

- потери растворенного золота при низких содержаниях последнего в рабочем растворе;

- сложность и дороговизна процедур регенерации активированного угля;

- значительная протяженность технологических трубопроводов;

- высокая стоимость извлечения золота на основе толлинга (договора на извлечение золота с удержанием части металла в качестве платы за услуги).

Компания *IBS Advanced Technologies* успешно

разработала два реагента на основе ионообменных смол, способствующих решению перечисленных проблем. Реагент SuperLig 135 используется для обработки технологических растворов с низким содержанием золота; в случае повышенных содержаниях металла используется SuperLig 127.

В основе действия реагентов лежит так называемая технология молекулярной селективности (molecular recognition technology, MRT). Технологический процесс осуществляется в две стадии. Он обеспечивает избирательное растворение и осаждение золота, меди и ряда других металлов из цианидных растворов. Золото сначала осаждается в форме высокочистой соли, после чего осуществляется осаждение сульфата меди. Прочие металлы остаются в цианидном растворе. Последний может быть регенерирован и повторно использован в технологическом процессе.

Реагент SuperLig 135 эффективен при извлечении золота из растворов с концентрацией Au менее 1,0 мг/л. Это делает его привлекательным дляпутного извлечения золота из растворов хвостохранилищ при нейтрализации этих жидких продуктов. Реагент эффективно осаждает золото из растворов с низкой концентрацией полезного компонента (степень извлечения более 90%), но он не полностью селективен по отношению к цветным металлам и железу. Этот недостаток едва ли может стать критическим: степень извлечения золота, обеспечиваемая реагентом, высока. Элюирование реагента осуществляется растворами NaOH или NaCl.

Другой реагент, SuperLig 127, высокоселективен по отношению к золоту при его концентрации в диапазоне 0,5–10,0 мг/л. Реагент элюируется горячей водой при температуре около 70°C. Его можно использовать с растворами, получаемыми в нескольких традиционных процессах (Меррил-Кроу, кучное выщелачивание). Растворы должны быть предварительно осветлены.

Особо следует упомянуть разработки в области технологии извлечения платиноидов (МПП). Здесь наиболее значительные усилия предприняты компанией *SGS Lakefield Research*. Разработано несколько флотореагентов, диспергаторов для глинистых шламов и реагентов-поглотителей МПП. Эти новые продукты способны существенно повысить степень извлечения полезных компонентов и их содержание в концентратах. Они пригодны для использования в существующих технологических схемах.

Многие реагенты, традиционно используемые в обогащении руд МПП для подавления флотации минералов-примесей, ухудшают флотиремость сульфидов-носителей МПП. Недавно компания *SGS*

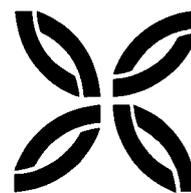
Lakefield Research выпустила новую группу продуктов (фирменная PD-серия), предназначенных для подавления флотации минералов-примесей. Заявлено, что на испытаниях при использовании этих реагентов достигнуто увеличение содержания МПГ в концентрате с 80 до 300 г/т; при этом степень извлечения по сравнению с традиционной технологией не уменьшилась.

Еще одна проблема флотации МПГ — негативное влияние глинистых шламов, характерных для сырья из некоторых южноафриканских и австралийских месторождений. Даже небольшое количество такого материала понижает избирательность извлечения МПГ и особенно хрома. До недавнего времени проблема не находила должного решения.

Значительный прогресс достигнут компанией в разработке реагентов для подавления нежелательного влияния глинистых шламов и сокращения потребления веществ-коллекторов полезных компонентов — разработаны две серии таких продуктов (QR и DQ), которые используются, исходя из минерального состава шламов.

Кроме того, указанная компания разработала ряд веществ-коллекторов МПГ на основе ксилола (диметилбензола), значительно повышающих эффективность переработки руд МПГ. Эти вещества особенно эффективны для переработки руд, в которых МПГ входят в состав интерметаллических соединений, а также для частично окисленных руд.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



16 февраля 2007 г. исполнилось 60 лет **Сергею Сероповичу Вартапяну** — кандидату геолого-минералогических наук, заместителю директора ЦНИГРИ по научной работе, одному из отечественных лидеров отрасли в области металлогении, прогноза, поисков и оценки золоторудных месторождений.

С.С.Вартапян начал трудовую деятельность в 1966 г., поступив в ЦНИГРИ в должности лаборанта и одновременно — в МГУ им. М.В.Ломоносова. В ЦНИГРИ он прошел путь от младшего, старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией, затем — отделом до заместителя директора ЦНИГРИ по научной работе (2002 г.).

С 1970 г. С.С.Вартапян изучал условия локализации золото-серебряных месторождений вулканических поясов Камчатки и Примагаданья — Оганчинского, Агинского, Асачинского, Аметистового, Бараньевского, Озерновского, Порожистого, Родникового, Сухарикского, Карамкенского и др. Им сформулированы принципы выявления, оконтуривания и прогнозной оценки разноранговых металлогенических таксонов (рудный район, рудное поле, месторождение) на основе их прогнозно-поисковых моделей, которые использованы также для разбивки объектов по степени перспективности и для обоснования эффективных прогнозно-поисковых комплексов. В итоге пятнадцатилетних работ получены новые данные о строении месторождений, рудных полей и узлов, что нашло применение при оценке перспектив и обосновании направлений геологоразведочных работ на ряде золоторудных месторождений. Реализация разработок С.С.Вартапяна способствовала созданию на востоке России новой минерально-сырьевой базы, которая в наши дни интенсивно вовлекается в освоение.

В течение ряда лет С.С.Вартапян работал в экспертных группах Министерства геологии СССР по оптимизации ГРП на золото и серебро в Закарпатье, Северном Казахстане, Горном Алтае, Примагаданье, на Камчатке и в других регионах страны. Передовые отечественные научно-прикладные разработки им реализованы при проведении контрактных геолого-поисковых работ в Монголии (1985 г.), Никарагуа (1988 г.), Гондурасе (1993 г.) и США (Аляска, 1991, 1992, 1997–2003 гг.).

С.С.Вартапян — один из инициаторов и активных участников создания Программно-целевой системы прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов Российской Федерации. Его творческий вклад в эту работу основан на результатах многолетнего изучения отечественных и зарубежных месторождений золота и серебра, организации и проведения работ по прогнозу, поискам и оценке месторождений благородных металлов в ряде районов России, в создании и реализации системы научно-методического сопровождения и обеспечения геологоразведочных работ.

С.С.Вартапяном проведен ретроспективный анализ использования и развития отечественной и зарубежной минерально-сырьевых баз благородных и цветных металлов, обоснованы прогнозные показатели золотодобычи до 2025 г. для определения приоритетов в воспроизводстве минерально-сырьевой базы России. Это отражено в работе «Минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов к 2025 году. Мир и Россия». Им внесен существенный вклад в оценку отечественной минерально-сырьевой безопасности, за что он удостоен Премии им. А.Н.Косыгина.

С.С.Вартапян — ведущий составитель оперативных программ федеральных геологоразведочных ра-



бот, направленных на воспроизводство минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых, а также программ лицензирования участков недр. Он — редактор и соавтор «Методических руководств по оценке прогнозных ресурсов золота», координатор и участник работ по мониторингу прогнозных ресурсов золота и серебра Российской Федерации.

С 2001 г. С.С.Варганян является руководителем и координатором научно-методического сопровождения и обеспечения геологоразведочных работ, выполняемых за счет федерального бюджета. При его участии создана система реализации научно-методических разработок и внедрения инновационных технологий, осуществляемых в тесной взаимосвязи с работниками производственных организаций и направленных на эффективное и ускоренное воспроизводство фонда недропользования. Комплекс работ по научно-методическому обеспечению и сопровождению ГРП представляет ключевой блок системы программно-целевого управления воспроизводством минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов, обеспечивает реализацию среднесрочных и долгосрочных программных мероприятий, способствует оптимизации ГРП и повышению их результативности.

Реализация разработок, выполненных С.С.Варганяном лично и в соавторстве, обеспечила ускоренное вовлечение выявленных объектов в недропользование, развитие известных и формирование новых минерально-сырьевых баз золота на Алтае, в Красноярском крае, Якутии, Магаданской и Сахалинской областях, Чукотском АО и в других регионах России.

Результаты исследований С.С.Варганяна отражены в 80 научных трудах, в том числе в 15 монографиях, подготовленных лично и в соавторстве («Золоторудные месторождения островных дуг Тихого океана», «Золоторудные месторождения СССР», «Прогнозирование и поиски месторождений золота», «Оценка прогнозных ресурсов благородных металлов и алмазов», «Минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов к 2005 году. Мир и Россия», «Программно-целевая система прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов Российской Федерации» и др.).

За заслуги в научно-производственной деятельности С.С.Варганян удостоен звания «Почетный разведчик недр» и награжден знаком «Отличник разведки недр», а также занесен на Доску Почета Федерального агентства по недропользованию.

Поздравляем Сергея Сероповича с юбилеем, желаем ему доброго здоровья и сохранения творческой и организационной активности на многие годы.

*Коллегия Роснедра
НТС Роснедра
Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Игорю Михайловичу Витковскому — ведущему научному сотруднику ЦНИГРИ — исполнилось 70 лет. Он — известный специалист в области методики разведки и геолого-экономической оценки минерально-сырьевой базы благородных металлов. Работает в геологической отрасли России 46 лет. Прошел трудовой и профессиональный путь от начальника геологоразведочной партии до главного геолога Управления металлов Роскомнедра.

После окончания в 1960 г. Воронежского государственного университета он работал начальником крупной круглогодичной партии Берелехской геологоразведочной экспедиции Северо-Восточного геологического управления. Руководил разведкой крупных россыпных месторождений золота в Центрально-Колымском районе.

С 1981 г. И.М.Витковский — ведущий и главный специалист по благородным металлам в Мингео СССР и Роскомнедра. Участвует в разработке и реализации программ государственного и отраслевого значения по созданию и развитию минерально-сырьевой базы благородных металлов. Им внесен большой вклад в разведку и подготовку к промышленному освоению крупнейших золоторудных месторождений — Васильковского, Кызылалмасай и др., а также серебро-свинцового месторождения мирового класса — Большой Канимансур.

С 1998 г. И.М.Витковский — ведущий научный сотрудник ЦНИГРИ. Будучи ответственным исполнителем крупных научно-технических проектов, внес весомый вклад в геологическое изучение и воспроизводство минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов в новых условиях недропользования. Участвовал в подготовке докладов на государственном уровне, разработке стратегии и программ по минерально-сырьевой базе России, системы мониторинга прогнозных ресурсов, создании Атласа карт золотоносности России, методических положений по применению в новых условиях классификации запасов твердых полезных ископаемых, геолого-экономической оценке, разработке кондиций подсчета запасов на объектах фонда недропользования различных полезных ископаемых.

И.М.Витковского отличают высокий профессионализм, энергичность и ответственность за порученное дело. Эти качества снискали ему уважение коллег и сотрудников.

Поздравляем Игоря Михайловича с юбилеем, желаем здоровья, благополучия и новых творческих свершений.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Известному ученому-геологу, доктору геолого-минералогических наук, академику РАЕН, лауреату Государственной премии СССР, Почетному разведчику недр **Валерию Александровичу Нарсееву** исполнилось 75 лет.

После окончания в 1955 г. Казахского горно-металлургического института (г. Алма-Ата) В.А.Нарсеев пять лет работал в производственных организациях Восточно-Казахстанского территориального геологического управления и зарекомендовал себя как хорошо подготовленный специалист, умелый полевик, отличный организатор производства.

Азарт естествоиспытателя, склонность к научной работе определили его дальнейшую судьбу. Поступив в Казахский институт минерального сырья Мингео КазССР, В.А.Нарсеев за 15 лет прошел путь от инженера до заместителя директора по научной работе. Лично им и под его руководством были выполнены научно-исследовательские работы по пегматитовым полям Калбы, металлогении тантала Восточного Казахстана и КазССР в целом, золоторудным месторождениям Бакырчик, Васильковское, Жолбарты, Архарлы, Акжал, Кулуджун, Бестюбе.

В 1975–1980 гг., будучи заместителем директора КазИМС по науке, В.А.Нарсеев участвовал в составлении карт прогноза для территории Казахстана по различным видам полезных ископаемых. Одновременно с научно-производственной деятельностью разрабатывал вопросы теории рудообразования, в частности полимеризации при отложении минералов, теории зональности рудных месторождений, активно участвовал в научных конференциях, симпозиумах, семинарах, поддерживая связи с учеными и специалистами десятков городов Советского Союза.

С 1980 по 1989 гг. В.А.Нарсеев — директор ЦНИГРИ. Основные усилия коллектива он сосредоточил на вопросах развития института, улучшения его кадрового и технического обеспечения. Был введен в строй новый корпус с конференц-залом, библиотекой, фондами, столовой. Для технологических и аналитических отделов приобретались новая аппаратура и оборудование, началась компьютеризация НИР, существенно изменилась структура ЦНИГРИ — повысился статус его иногородних подразделений. Благодаря внедрению перспективной формы совместных исследований ЦНИГРИ и производственных подразделений — научно-производственных групп, возросло качество разведки основных месторождений цветных, благородных металлов и алмазов. С высокими оценками в ГКЗ СССР были утверждены запасы по месторождениям Олимпиадинское, Майское, Васильковское, Покровское, Высоковольное, Кумторское, Зун-Холбинское (золото), Большой Канимансур (серебро), Кумдыколь, Ломоносовское (алмазы), Учкулачское, Хандизинское, Филизчайское (цветные металлы) и ряду других.

Оставив должность директора ЦНИГРИ, В.А.Нарсеев продолжает научные исследования по зональности рудных месторождений и золотоносности черносланцевых толщ. Он работал экспертом в ряде крупных компаний США, Монголии, Англии, России, Казахстана, Испании. За 50 лет работы в геологии им опубликованы десятки отчетов, более 200 статей и 15 монографий («Основы прогнозирования золоторудных месторождений в терригенных комплексах», 1986 г.; «Промышленная геология золота», 1996 г.; «Кластеры — протоформа нахождения драгметаллов в рудах и минеральных породах», 2004 г. и др.). Под его научным руководством защищено 15 кандидатских диссертаций.

Поздравляем Валерия Александровича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, успехов и добрых встреч на дорогах жизни.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

25 января 2007 г. исполнилось 75 лет старшему научному сотруднику отдела экзогенных месторождений благородных металлов, кандидату геолого-минералогических наук, лауреату премии Правительства РФ, первооткрывателю золоторудного месторождения в Магаданской области, автору научно-методических разработок в области общей и прикладной минералогии **Светлане Васильевне Яблоковой**.

Плодотворная научно-производственная деятельность С.В.Яблоковой неразрывно связана с ЦНИГРИ. Она — один из ведущих специалистов по исследованию самородного золота. Занимается изучением типоморфных признаков самородного золота рудных и россыпных месторождений главнейших золотоносных провинций России (Ленская, Енисейская, Приамурская, Верхояно-Колымская, Чукотская, Хабаровский край, п-ов Таймыр, о-в Большевик, Урал, Кузнецкий Алатау, Якутия, Русская платформа), стран ближнего (Украина, Казахстан, Средняя Азия) и дальнего (Южная и Центральная Америка, Африка, Азия) зарубежья. Принимала участие в комплексных металлогенических исследованиях, отраслевых программах по прогнозированию, оценке и подсчету запасов месторождений золота. Ее данные по золоту кор выветривания Олимпиадинского и Куранахского месторождений послужили геологической основой при подсчете запасов. Ею открыт новый минерал — теллуриат золота — куранахит, прослежена эволюция золота в зоне гипергенеза, разносторонне изучено золото рыхлого чехла Русской платформы. С.В.Яблокова — один из авторов Атласа самородного золота рудных и россыпных месторождений России (2003 г.), автор и соавтор более 140 работ, в том числе пяти монографий, ряда методических руководств и рекомендаций по проведению минералогических исследований при геологоразведочных и криминалистических работах («Изучение самородного золота при экспертно-криминалистических исследованиях (методическое пособие)», 2002 г.; «Типоморфизм самородного золота (методические рекомендации для геологоразведочных работ)», 2003 г.; «Самородное золото России», 2003 г. и др.).

В последнее десятилетие С.В.Яблокова активно участвовала в составлении банков данных по минералогии россыпного золота и разработке моделей самородного золота месторождений разных типов. Она — соавтор Карты экзогенной золото- и платиноносности территории Российской Федерации, которая была удостоена премии Правительства РФ за 2000 г. Ее исследования высоко оценены не только в нашей стране, но и за рубежом.

Поздравляем Светлану Васильевну с юбилеем, желаем ей крепкого здоровья, счастья и дальнейших творческих достижений.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



УДК 553.2 (049.32)

© В.А.Коваленкер, 2007

О КНИГЕ «СТРОЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ РУДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ»*

В.А.Коваленкер (ИГЕМ РАН)

Книга с таким названием написана коллективом ученых ЦНИГРИ, имеющих многолетний опыт изучения золоторудных месторождений и возглавляемых М.М.Константиновым — признанным авторитетом в области геологии, прогноза и поисков золоторудных месторождений. Она базируется в значительной мере на личных материалах авторов, серии экспериментальных исследований и обобщении большого литературного материала. Объем книги — 192 страницы, включая 54 рисунка, 43 таблицы и список литературы из 143 наименований.

Научный редактор издания — доктор геолого-минералогических наук, профессор А.И.Кривцов — в предисловии дал краткий очерк современного состояния исследований в области создания моделей рудных месторождений, показав все их разнообразие по содержанию и целевому назначению. Вместе с тем, он подчеркнул принципиальное отличие и новизну данной монографии, состоящие в анализе собственно рудоносной, полной и практически завершенной совокупности элементов основных типов золотоносных рудообразующих систем.

В первом разделе книги описаны аналитические методы, служащие целям создания моделей золотоносных рудообразующих систем. В нем рассматриваются элементы моделей (источники рудного вещества, рудообразующий флюид и область рудоотложения), характеристики их показателей (изотопный состав, термодинамические параметры, градиенты физико-химических полей, зональность в самых разнообразных своих проявлениях и т.д.), а также методы построения — изотопно-геохимические и термобарометрические.

Основной объем книги посвящен конкретным типам рудообразующих систем. Определены особенности строения и развития вулканогенно-гидро-

термальных (золото-серебряные месторождения вулканоплутонических поясов), плутоногенно-гидротермальных (золото-полисульфидные месторождения эпизвгеосинклинальных складчатых поясов), гидротермально-осадочных (стратиформные золото-кварцевые месторождения терригенно-сланцевых поясов), метаморфогенно-гидротермальных (золото-сульфидные месторождения терригенно-сланцевых поясов), гидрогенных (золото-сульфидно-кварцевые месторождения чехла древних щитов) рудообразующих систем.

Моделирование золотоносных рудообразующих систем осуществлено на основе материалов по золоторудным месторождениям, детально и всесторонне изученным с применением новейших методов исследования руд (термобарогеохимических, изотопно-геохимических и др.). В книге детально обосновываются разнообразие рудообразующих систем, ответственных за формирование промышленных золоторудных месторождений, и возможность опознавания таких систем по поисковым признакам, выявленным благодаря использованию комплекса современных аналитических методов.

В число объектов, иллюстрирующих типы золотоносных рудообразующих систем, вошли:

классический объект жильно-прожилкового плутоногенного оруденения — Березовское месторождение на Урале в плутоническом поясе с вулканогенно-осадочным наполнением;

два объекта вулканогенных поясов — уникальное Дукатское месторождение и сравнительно новое, малоизученное слабоэродированное Биркачанское, расположенные в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса;

уникальное золото-платиново-сульфидное месторождение Сухой Лог в углеродисто-терригенных

* Константинов М.М., Косолец Т.Н., Кряжев С.Г., Наталенко М.В., Стружков С.Ф., Устинов В.И. Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем. Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов / Под ред. А.И.Кривцова. — М.: ЦНИГРИ, 2002.

черносланцевых толщах, обоснование метаморфогенного генезиса которого в значительной степени связано с именем его первооткрывателя В.А.Буряка;

стратиформные золото-кварцевые месторождения Дуэт-Бриндакитской группы в Южном Верхоянье, интересные, несмотря на небольшие масштабы, как прототип золоторудного гиганта Бендига в Австралии; для этой группы месторождений авторы обосновывают гидротермально-осадочную модель рудогенеза;

необычное месторождение Куранах золото-адуляр-кварцевого типа в коре выветривания, детальный анализ особенностей минералогии и геохимии изотопов которого привел авторов к обоснованию водородной модели рудообразования.

Для каждого из этих конкретных рудных полей детально описаны геологическое строение, последовательность образования и типоморфизм минеральных ассоциаций, зональности минералогическая, метасоматическая и геохимических ореолов, физико-химические характеристики рудоносных растворов, изотопный состав кислорода силикатов, углерода карбонатов, составлена обобщенная модель изотопно-геохимической зональности. Параметры модели, например положительные аномалии $d^{18}O$ жильного кварца, положительный градиент $d^{34}S$ пирита в месторождениях типа Березовского, дополняют разработанные ранее прогнозно-оценочные критерии. Кроме того, данные по распределению изотопов серы в сульфидах могут использоваться для расшифровки внутреннего строения зон минерализации, определения их перспектив и оперативной корректировки направления геологоразведочных работ.

Среди использованных методик при изучении рассматриваемых месторождений важное место занимают исследование изотопного состава кислорода жильного кварца и водной составляющей флюидных включений в нем, а также метод электронного парамагнитного резонанса. Кислородно-изотопные исследования эффективны при расшифровке состава и природы водной составляющей рудоносного флюида, метод электронного парамагнитного резонанса — при определении концентрации и класса структурных дефектов в минералах, что позволяет использовать указанные признаки в моделях

зональности. В целом рассмотренные в монографии изотопные данные представляются весьма полезными при разработке генетических моделей рудообразующих систем золоторудных месторождений.

Авторы справедливо полагают, что применение палеогеографических и палеоклиматических реконструкций может повысить эффективность современных прогнозных исследований.

Проблема анализа золотоносных рудообразующих систем далеко не исчерпана и остается актуальной по сей день. Поэтому авторы рассматривают имеющиеся материалы как расширенное обоснование постановки дальнейших исследований в данном направлении. Вероятно, следующие выпуски серии могли бы быть посвящены характеристике иных объектов, как отличных от рассмотренных, так и подобных им. Это поможет понять, укладывается ли все генетическое разнообразие золоторудных месторождений в выделенные пять типов рудообразующих золоторудных систем или существуют более сложные комбинированные или более простые системы и механизмы их формирования. Тем не менее, описание отдельных объектов по выбранной системе признаков само по себе представляет научную и практическую ценность.

В заключение авторы акцентируют внимание на возможностях эффективного использования разработанных моделей рудообразования для оценки промышленно-ресурсного потенциала территорий, где применение традиционных методов прогноза и поисков в значительной мере исчерпало свои возможности, и обосновывают методологию использования моделей рудообразования в практических целях.

Рассматриваемая монография — итог многолетнего труда авторского коллектива, несомненно, является крупным достижением отечественной геологической науки, ценным теоретическим обобщением. Изложенные в книге материалы представляют интерес как для геологов-практиков и специалистов, занимающихся вопросами генезиса оруденения, так и для студентов и аспирантов геологических специальностей. В то же время, нельзя не отметить, что тираж издания (100 экз.) явно недостаточен для знакомства с книгой широкого круга специалистов, которым она необходима в научных и практических целях.

ПАМЯТИ СВЕТЛАНЫ ТИХОНОВНЫ АГЕЕВОЙ
(24.05.1937–01.01.2007)

Светлана Тихоновна Агеева — ведущий научный сотрудник (1962–1993 гг.), кандидат геолого-минералогических наук, крупный специалист в области геологии месторождений меди. После окончания в 1962 г. геологического факультета МГУ С.Т.Агеева прочно связала свою научную судьбу с ЦНИГРИ. Будучи ярким представителем уральской школы ЦНИГРИ, возглавлявшейся М.Б.Бородаевской, она проводила крупномасштабную геологическую съемку Учалинского колчеданосного рудного района, детально изучала месторождения им. XIX партсъезда, Александринское, Учалинское, а также медноколчеданные месторождения в Мугоджарах.

Более десяти лет С.Т.Агеева разрабатывала проблему медно-порфировых месторождений. Ею детально исследованы Баталинское, Бенкалинское, Красноармейское и другие медно-порфировые месторождения Казахстана и Урала. Она участвовала в работах по оценке перспектив территории СССР на медно-порфировые руды и в соответствующих прогнозных построениях. Реализация разработанных рекомендаций позволила создать на востоке Урала резервную сырьевую базу медедобывающей промышленности.

Большой вклад Светлана Тихоновна внесла в познание глубинного строения Урала на основе систематического изучения керна Уральской сверхглубокой скважины (СГ-4). Ею вместе с коллегами составлен принципиальный глубинный геолого-геофизический разрез земной коры района заложения СГ-4, подтвержденный последующим бурением до глубины 5 км.

С.Т.Агеева — автор более семидесяти научных работ, в том числе соавтор шести монографий, среди которых «Петрология и металлогения базитов» (1973 г.), «Геологические основы прогнозирования новых районов медно-порфирового оруденения» (1978 г.), «Геология месторождений благородных и цветных металлов восточных районов Урала» (1985 г.).

С.Т.Агеева была яркой, жизнерадостной, красивой женщиной. В коллективе она была источником света, тепла, хорошего настроения. Ее любили и уважали, с ней было приятно работать даже в самых тяжелых полевых условиях.

Память о Светлане Тихоновне, добром человеке и прекрасном специалисте, надолго сохранится в наших сердцах.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала
Друзья, коллеги*

Новогоднее поздравление руководителя Роснедра

Анатолия Ледовских

Каждому из нас уходящий 2006 год останется дорог по-своему, но было в нем и то, что сближает нас, делает единым коллективом — это преданность благородной профессии геолога, служение делу, от которого напрямую зависит благосостояние нашей страны.

Подводя итоги прошедшего года, мы видим реальные успехи геологической отрасли и знаем, что в общем деле есть весомый вклад каждого из нас. Поэтому, прежде всего, хочу поблагодарить геологов и всех специалистов отрасли за самоотверженный труд на благо Родины.

Дорогие коллеги! Это вашей энергией, мужеством и упорством открываются кладовые российских недр, а на пройденных вами маршрутах появляются новые рудники, заводы и шахты.

Результаты работы всего коллектива Роснедра отражены в рекордных за последние годы показателях воспроизводства ресурсов страны. Расширяется география научных исследований, пополняется база данных о стратегически важных регионах Восточной Сибири, Полярного Урала, арктического шельфа. Благодаря труду геологов-первооткрывателей растут частные инвестиции в развитие минерально-сырьевой базы, заметно пополняется государственная казна. Это позволяет активно развивать экономику и социальную сферу, проводить в жизнь национальные проекты, повышать уровень благосостояния граждан России.

Не менее масштабны и планы Роснедра на будущий 2007 год. Для их выполнения необходимы опыт и научный багаж ветеранов, сила и трудолюбие современных специалистов, и, конечно же, геология нуждается в молодой отваге вчерашних студентов, впитавших все лучшее, что наработано поколениями отечественных первопроходцев.

Уважаемые коллеги! Новый год — это всегда надежда на исполнение самых заветных желаний, ожидание новых открытий, преодоление намеченных рубежей. Пусть все загаданное нами сбудется! Пусть в наступающем году каждый встретит новых друзей и сохранит доверие старых, одарит своим теплом родных и почувствует искреннюю заботу близких.

Дорогие друзья! Сердечно поздравляю вас с Новым годом и 125-летием Геологического комитета России, желаю крепкого здоровья, семейного благополучия, успехов во всех начинаниях и плодотворной работы на благо России!

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

В целях облегчения редактирования статей
редколлегия журнала просит авторов использовать термины и понятия
в интерпретации следующих изданий:

1. Толковый словарь английских геологических терминов. Перевод с английского. - М.: Геокарт, 2002.
2. Российский металлогенический словарь. - С-Пб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003.
3. Термины и понятия, используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях. - С-Пб., 1991.

Издания ЦНИГРИ

Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов»

Сu-Ni-МПГ месторождения норильского типа. А.И.Кривцов, В.И.Кочнев-Первухов, О.М.Конкина, В.К.Степанов, Е.С.Заскинд / Под ред. А.И.Кривцова. - М.: ЦНИГРИ, 2001. 180 с., 69 ил., 17 табл. 200 руб.

Меднопорфировые месторождения. А.И.Кривцов, В.С.Звездов, И.Ф.Мигачев, О.В.Минина / Под ред. А.И.Кривцова. - М.: ЦНИГРИ, 2001. 32 с., 89 ил. 100 руб.

Системы оценки и разведки россыпных месторождений золота и платиноидов на основе многофакторных моделей. В.И.Куторгин, В.А.Джобадзе, А.С.Тарасов, В.И.Натоцинский, С.А.Емельянов, А.Г.Мочалов / Под ред. В.И.Куторгина. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 236 с., 65 ил., 25 табл. 200 руб.

Месторождения колчеданного семейства. А.И.Кривцов, О.В.Минина, А.Г.Волчков, Е.Е.Абрамова, Д.В.Гричук, Е.А.Ельянова / Под ред. А.И.Кривцова. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 282 с., 126 ил. 100 руб.

Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах.
Г.В.Ручкин, А.И.Донец / Научный ред. А.И. Кривцов. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 123 с., 45 ил. 100 руб.

Строение и развитие золотоносных рудообразующих систем. М.М.Константинов, Т.Н.Косовец, С.Г.Кряжев, М.В.Наталенко, С.Ф.Стружков, В.И.Устинов / Под ред. А.И.Кривцова. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 192 с. 150 руб.

Пространственные металлогенические таксоны. Справочное пособие. В.И.Ваганов, А.Г.Волчков, В.И.Кочнев-Первухов, А.И.Кривцов, В.В.Кузнецов, И.Ф.Мигачёв, В.П.Новиков, Г.В.Ручкин / Под ред. А.И.Кривцова, Г.В. Ручкина. - М.: ЦНИГРИ, 2003. 82 с., 15 ил., 20 табл. 100 руб.

Прогнозно-поисковые модели алмазонасных россытей России. В.Е.Минорин / Отв. ред. А.И.Кривцов. - М.: ЦНИГРИ, 2001. 117 с., 35 ил. 150 руб.

Серия «Модели месторождений благородных и цветных металлов»

Вып. «Золото». Б.И.Беневольский, Е.В.Блинова, А.В.Бражник, А.И.Кривцов, Е.Е.Крыгня, В.И.Лобач, В.С.Михайлова, Л.Ф.Мызенкова, В.П.Новиков, А.А.Стороженко, И.С.Чанышев / Отв. ред. Б.И.Беневольский. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 182 с., 54 ил., 28 табл. 500 руб.

Вып. «Экзогенная золотоносность». Е.В.Матвеева, О.С.Набровенков, Н.М.Риндзюнская, А.А.Сапрыкин, В.П.Филиппов / Отв. ред. С.С.Вартанян, Н.М.Риндзюнская. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 130 с., 33 ил., 6 табл. 500 руб.

Вып. «Алмазы». В.И.Ваганов, Ю.К.Голубев, В.И.Минорин / Отв. ред. Ю.К.Голубев. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 76 с., 19 ил. 500 руб.

Вып. «Медь». А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачёв, А.Г.Вартанян, Р.Н.Володин, В.С.Звездов, О.В.Минина, Ю.В.Никешин / Отв. ред. А.И.Кривцов. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 212 с., 57 ил. 500 руб.

Вып. «Свинец и цинк». Г.В.Ручкин, В.Д.Конкин, А.И.Донец, И.А.Августинчик, Н.Г.Кудрявцева / Отв. ред. Г.В.Ручкин. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 169 с., 44 ил., 500 руб.

Вып. «Никель и кобальт». В.И.Кочнев-Первухов, А.И.Кривцов, И.А.Августинчик, Е.С.Заскинд / Отв. ред. А.И.Кривцов. - М.: ЦНИГРИ, 2002. 54 с., 57 ил., 9 табл. 150 руб.

Книги можно приобрести по адресу: 117545, Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1
Контактный телефон 315-43-47