

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ

1/2011

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.Мигачев

Зам. главного редактора Н.И.Назарова

Б.И.БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э.К.БУРЕНКОВ
В.И.ВАГАНОВ
С.С.ВАРТАНЯН
Ю.К.ГОЛУБЕВ
В.С.ЗВЕЗДОВ
П.А.ИГНАТОВ
В.В.КУЗНЕЦОВ
Н.К.КУРБАНОВ
Г.А.МАШКОВЦЕВ
Г.В.РУЧКИН
Ю.Г.САФОНОВ
Г.В.СИДЕЛЬНИКОВА
В.И.СТАРОСТИН

УЧРЕДИТЕЛЬ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
РОСНЕДРА МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Москва ЦНИГРИ 2011

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

Сдано в набор 25.01.11 г.
Подписано в печать 01.02.11 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: 315-43-47
E-mail: tsnigri@tsnigri.ru
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129, корп. 1

© «Руды и металлы», 2011

Недропользование**Subsoil Use***Вартанян С.С., Волчков А.Г.*

Научно-методическое сопровождение и его роль в повышении эффективности и результативности геологоразведочных работ

5

S.S.Vartanyan, A.G.Volchkov

Role of the r&d scientific and methodological support in maintaining the geological exploration efficiency

Строение рудных месторождений**Anatomy of ore deposits***Гусев И.М., Аристов В.В.*

Литология и условия осадконакопления золотоносных толщ позднего нория центральной части Яно-Колымской золотоносной металлогенической провинции, Республика Якутия

11

Gusev I.M., Aristov V.V.

Lithology and conditions of accumulation of the deposit of gold-bearing thicknesses late norian the central part of the Jano-Kolyma gold-bearing province, Republic Yakutia

Рафаилович М.С.

Крупнотоннажные месторождения золота и цветных металлов Казахстана

23

Rafailovich M.S.

Low-grade high-tonnage gold and base metal deposits of Kazakhstan

Алимов Ш.П., Цой В.Д., Королева И.В.

Природные типы руд месторождения Балпантау

36

Alimov Sh.P., Tsoy V.D., Koroleva I.V.

Natural types of ore deposits Balpantau

Халезов А.Б.

Возможные разновидности месторождений урана типа «несогласия» в фанерозое

43

Khalezov A.B.

Varieties of the uranium deposits of the «unconformity» type in the Phanerozoic

Дискуссии**Discussions***Барышев А.Н.*

Суперрайоны как высокопродуктивные области минерагенических поясов и зон с месторождениями цветных металлов, золота и алмазов: тектонофизические и геологические основы их позиции

47

Baryshev A.N.

Superregions as the highproductively areas of mineragenic belts and zones with deposits of base metals, gold and diamond: tectonophysical and geological foundations of their position

Зарубежный опыт**News from abroad***Кубанцев И.А.*

Эффективность геологоразведочных работ на золото: изменения во времени и их причины, по оценке аналитиков компании *Gold Fields Ltd*

53

Kubantsev I.A.

Temporal variations in the world gold exploration and mining production: Major controls, as seen by the *Gold Fields* experts

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

О книге А.Е.Кабо «Актепинское сереброрудное поле в Узбекистане — новый объект пятиэлементной формации»

64

Kovalenker V.A.

A.E.Kabo, Aq-Tepe silver camp, Uzbekistan: A new five-element mineralization — A review

Страницы истории**Glimpses of history***Лихачев А.П.*

Программа «Оливин» — вклад ЦНИГРИ

67

Likhachev A.P.

Programm «Olivin» — contribution of TsNIGRI

Новости, информация**News and information***Седельникова Г.В.*

XXV Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых IMPC-2010

72

Sedel'nikova G.V.

IMPC-2010: 25th International Mineral Processing Congress

Поздравляем с юбилеем**Our congratulations**

Н.А.Леонову

73

N.A.Leonova



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ И ЕГО РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

С.С.Вартанян, А.Г.Волчков (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Охарактеризованы задачи научно-методического сопровождения геологоразведочных работ (ГРР), выполняемых за счет средств федерального бюджета, и технология их реализации на конкретных объектах Госзаказа. Рассмотрены подходы к решению аналогичных задач при выполнении ГРР за счет средств недропользователей; проведено сравнение результативности и эффективности ГРР, выполняемых за счет средств из этих двух источников финансирования.

Ключевые слова: научно-методическое сопровождение, эффективность ГРР, объекты Госзаказа, объекты лицензирования, недропользователи.

Вартанян Сергей Серопович, vartanyan@tsnigri.ru, Волчков Алексей Гордеевич, dnms@tsnigri.ru

ROLE OF THE R&D SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL SUPPORT IN MAINTAINING THE GEOLOGICAL EXPLORATION EFFICIENCY

S.S.Vartanyan, A.G.Volchkov

Key tasks of the R&D scientific and methodological support of the federal geological exploration projects are characterized using the real case histories. Approaches to similar issues employing private financing of geological exploration are considered. Comparative analysis of geological results and efficiency of the studies is carried out.

Key words: R&D scientific and methodological support, exploration efficiency, private exploration and mining entrepreneurs, federal exploration projects.

Для решения задач по обеспечению минерально-сырьевой безопасности РФ, укреплению и расширению сырьевой базы твердых полезных ископаемых (ТПИ) важнейшее значение имеет повышение эффективности и результативности геологоразведочных работ, выполняемых как за счет средств федерального бюджета, так и за счет средств недропользователей. В соответствии с утвержденной Правительством РФ «Долгосрочной государственной программой изучения недр» для сбалансированного воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ) ежегодное соотношение затрат федерального бюджета и частных инвестиций на ГРР должно составлять не менее 1:5. В действительности в последние годы из-за кризисных явлений это соотношение выглядит иначе, отражая существенно меньший вклад недропользователей: в 2008 г. оно было приблизительно 1:3, а в 2010 г. — близко к 1:2, что, естественно, не может не сказаться отрицательно на выполнении заданий «Долгосрочной программы...» (рис. 1).

Исходя из анализа результативности ГРР, выполняемых за счет средств федерального бюджета и средств недропользователей, авторы предприняли попытку сравнить и оценить эффективность работ, финансируемых из этих двух источников.

Сначала для анализа были выбраны затраты на благородные металлы и алмазы за период 2008–2010 гг. (рис. 2).

Из общих ассигнований на проведение ГРР по этим видам полезных ископаемых в 2008–2010 гг.

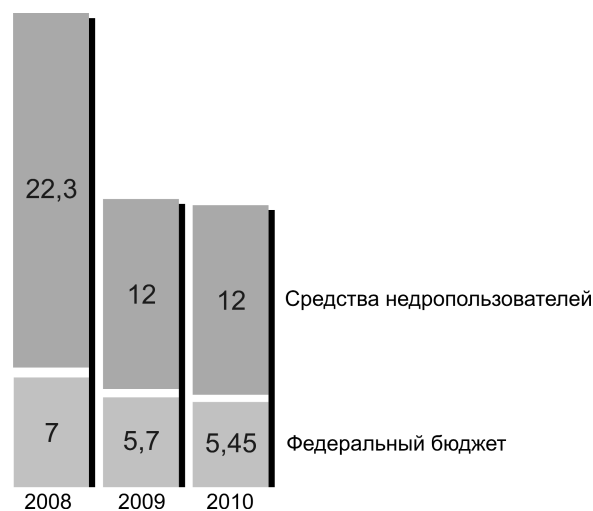


Рис. 1. Динамика финансирования ГРР на твердые полезные ископаемые

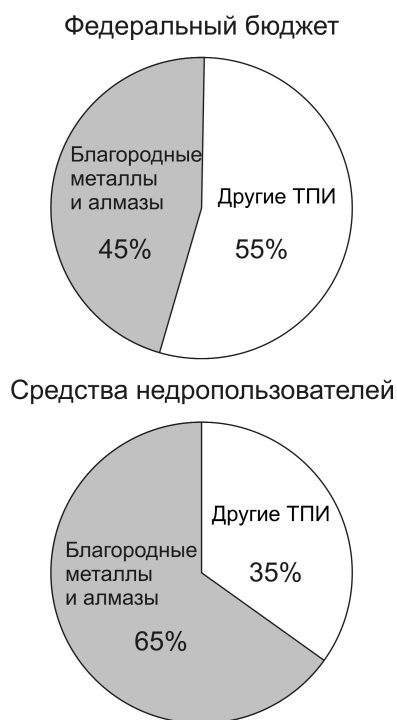


Рис. 2. Доля затрат на ГРП на благородные металлы и алмазы в 2008–2010 гг.

из средств федерального бюджета израсходовано 45%, а из средств недропользователей — 65%. Такое распределение ассигнований указывает на то, что главные интересы частного сектора направлены на проведение ГРП по поискам, оценке и разведке месторождений благородных металлов и алмазов как наиболее ликвидных полезных ископаемых. Наибольшие затраты на эти виды полезных ископаемых из обоих источников финансирования приходятся на Сибирский и Дальневосточный федеральные округа: 64% — федеральный бюджет и 77% — средства недропользователей (рис. 3).

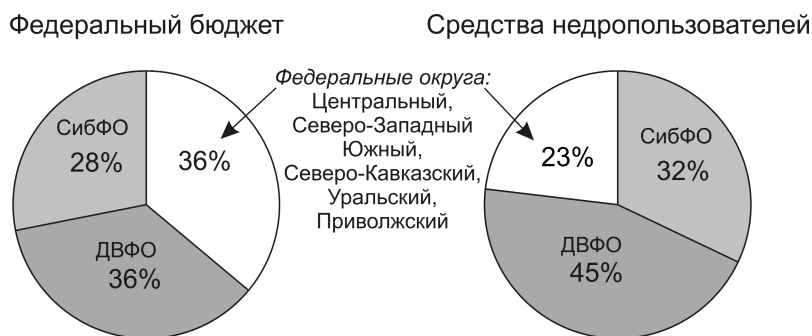


Рис. 3. Доля затрат на ГРП на благородные металлы и алмазы в 2008–2010 гг. по федеральным округам

Чтобы оценить результативность и эффективность ГРП и сравнить их по отношению к затратам бюджета и недропользователей, авторы проанализировали результаты ГРП по Сибирскому и Дальневосточному федеральным округам, где объемы финансирования ГРП достигают 80% от общероссийских. В качестве результатов рассматривались оцененные прогнозные ресурсы золота, серебра, МПГ и алмазов, полученные в ходе ГРП и апробированные в ЦНИГРИ. Далее эти оценки прогнозных ресурсов категорий P_3 , P_2 и P_1 были приведены к условным запасам категории C_2 и, исходя из них, рассчитана доля прироста ценности данных полезных ископаемых в недрах (рис. 4).

Приведенные на рис. 4 цифры иллюстрируют следующее. При затратах 2,7 млрд. руб. в 2008–2009 гг. геологоразведочные работы за счет средств федерального бюджета обеспечили 65% прироста ценности благородных металлов и алмазов от общероссийских, а 30,1 млрд. руб. затрат недропользователей обеспечили лишь 35% этого прироста, т.е. почти в два раза меньше. С нашей точки зрения, приведенные цифры отражают тот факт, что эффективность ГРП, выполненных за счет средств федерального бюджета, приблизительно в 20 раз выше. И это без учета переоценки запасов золота месторождения Сухой Лог (3000 т), выполненной в этот период за счет средств бюджета, а также того обстоятельства, что в ходе апробации прогнозных ресурсов в отраслевом НИИ авторские оценки недропользователей (использованные при расчетах) нередко существенно уменьшаются. То есть реально эффективность ГРП на благородные металлы и алмазы, проводимых за счет средств федерального бюджета, по сравнению с недропользователями еще выше.

Причины столь существенного различия в эффективности ГРП, выполняемых за счет различных источников финансирования, конечно, разноплановые. Остановимся на одной из них, представляющей авторам очень важной и во многих случаях определяющей успех или неудачу проводимых ГРП.

В 2001 г. Государственная геологическая служба России приняла решение об обязательном научно-методическом обеспечении и сопровождении геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, выполняемых за счет федерального

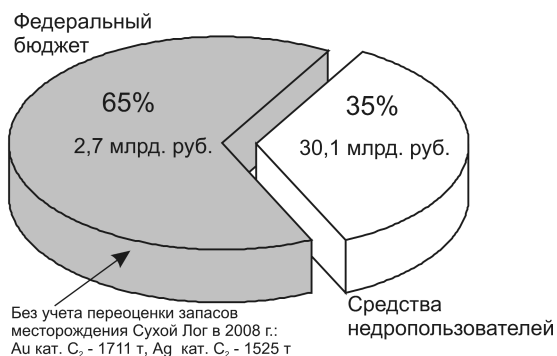


Рис. 4. Доля прироста ценности благородных металлов (Au, Ag, МПГ) и алмазов на 1 руб. затрат на ГРР из средств федерального бюджета и недропользователей в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах за 2008–2009 гг.

бюджета силами отраслевых НИИ. Необходимость этого решения была вызвана комплексом факторов: отсутствием должной эффективности и результативности геологоразведочных работ, снижением профессионального уровня кадров в организациях-исполнителях работ, отсутствием рациональной системы реализации ранее созданных научно-методических основ воспроизводства минерально-сырьевой базы в условиях увеличивающегося разрыва между отраслевой наукой и производственными организациями. В последующие годы при существенном увеличении госбюджетного финансирования ГРР на твердые полезные ископаемые упомянутые проблемы усугубились (С.С.Вартанян, Г.А.Машковцев, Е.М.Аксенов, А.А.Кременецкий, 2009). В период 2001–2010 гг. за счет средств госбюджета работы выполнялись на 200–300 объектах Госзаказа. В связи с этим к настоящему времени Роснедра организовало более широкомасштабное научно-методическое обеспечение ГРР за счет привлечения отраслевых НИИ для решения разноплановых задач при производстве ГРР. Таким образом, выполнение работ на объектах Госзаказа ведется, по существу,

научно-производственными группами, включая исполнителей Госзаказа и специалистов отраслевых НИИ (таблица).

Для выполнения работ по научно-методическому сопровождению привлечены ведущие специалисты отраслевых НИИ — доктора и кандидаты наук, занимающиеся решением широкого круга задач, возникающих в ходе выполнения Госзаказа на конкретных объектах.

На рис. 5 приведена организационная структура научно-методического сопровождения ГРР на твердые полезные ископаемые в 2008–2011 гг. (Госконтракт ВБ-04-34/10) на примере ФГУП «ЦНИГРИ», показывающая широкий круг направлений, в рамках которых решаются поставленные задачи.

Научно-методическое сопровождение ГРР, проводимое силами специалистов отраслевых НИИ, направлено на реализацию ранее созданных и создаваемых научно-прикладных разработок при формировании и выполнении годовых программ геологоразведочных работ Федерального агентства по недропользованию, а именно:

обоснование сырьевых и территориальных приоритетов ГРР на основе анализа результатов прогнозно-металлогенических исследований, а также базирующееся на долгосрочных и среднесрочных прогнозах использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы; например, в результате научного обоснования высокого потенциала золотоносности таких нетрадиционных на золото регионов, как Алтайский край, Полярный Урал, Северо-Кавказский регион, проведенными за счет федерального бюджета ГРР был выявлен ряд крупных золоторудных зон — Северо-Алтайская, Северо-Кавказская, Днепровско-Донецкая, Полярно-Уральская (В.Н.Бавлов, Б.К.Михайлов, 2009) и промышленных месторождений, уже переданных в недропользование — Петропавловское, Новогоднее-Монто, Майско-Лебедское, Сурич и многие другие. Аналогичные результаты в новых регионах получены и по другим видам рудных и нерудных полезных ископаемых;

Структура научно-методического обеспечения геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые Роснедра

По видам ТПИ					
Уран, черные и цветные металлы	Уголь	Алмазы, цветные и благородные металлы	Редкие металлы, сурьма, цирконий	Неметаллы	Черные и цветные металлы на континентальном шельфе и в Мировом океане
ВИМС	ВНИГРИуголь	ЦНИГРИ	ИМГРЭ	ЦНИИГеолнеруд	ВНИИОкеанология
По методам исследований					
Геофизические		Геохимические		Дистанционные	
Геологоразведка		ИМГРЭ		НИИКАМ	

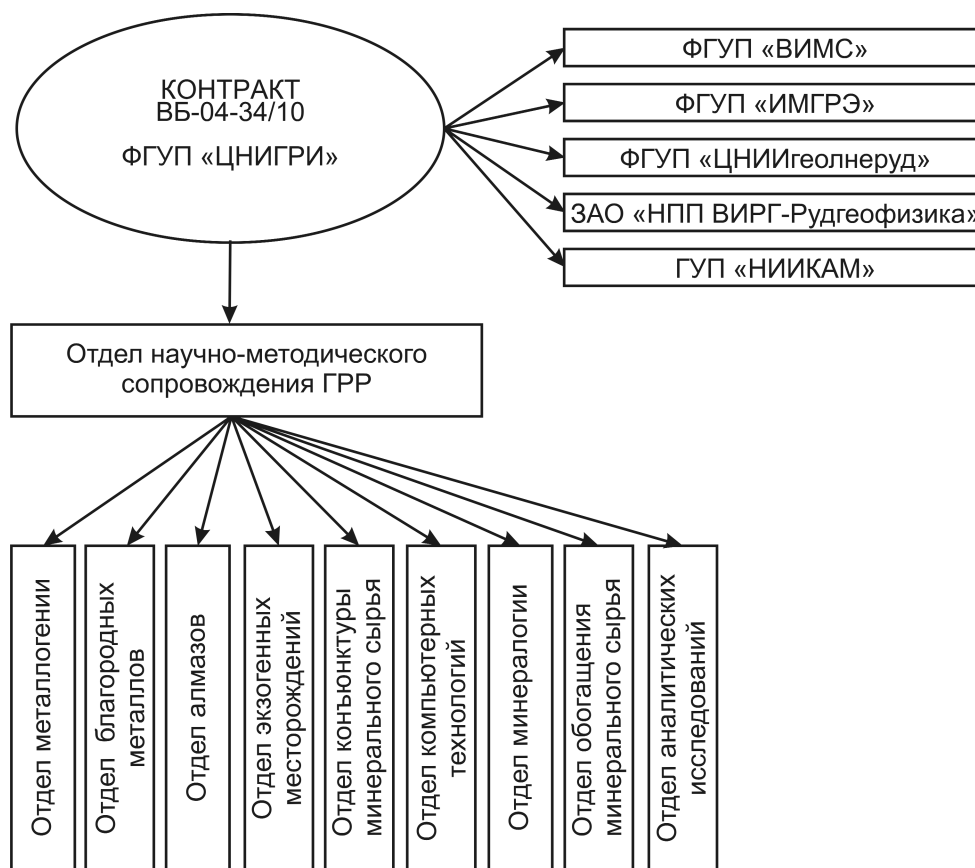


Рис. 5. Организационная структура научно-методического сопровождения ГРР, выполняемого по Госконтракту ВБ-04-34/10

внедрение прогрессивных технологий (геологических, геофизических, геохимических, минералогических, металлогенических, технологических, аналитических, геолого-экономических) в практику ГРР, начиная со стадий их проектирования; например, на разведанном золоторудном месторождении Сухой Лог за счет внедрения инновационных технологий фотометрической сепарации и бактериального выщелачивания руд удалось резко увеличить запасы объекта и перевести его в разряд крупнейших в РФ;

оптимизация методов и методик работ на основе прогнозно-поисковых комплексов применительно к различным геолого-промышленным типам месторождений и условиям их нахождения, отраженным в подготавливаемых прогнозно-поисковых и других моделях;

оценка прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых на основе подготовленных специалистами отраслевых НИИ методических рекомендаций; подчеркнем, что апробация оценок прогнозных ресурсов имеет важное значение, поскольку до

сих пор исполнители допускают в работе много ошибок, представляя в качестве результатов ГРР прогнозные ресурсы, которые не могут быть апробированы из-за очень низких оценочных показателей (содержание полезных компонентов, параметры оцениваемых рудных тел или зон, надежность обосновывающих материалов и т.п.);

определение эффективности и результативности ГРР и разработка рекомендаций по их повышению.

Важно отметить, что внедрение в производство современных методов и технологий геологоразведочных работ осуществляется отраслевыми НИИ на всех стадиях ГРР, начиная от разработки совместно с производственными организациями геолого-технических заданий и проектов на проведение геологоразведочных работ на объектах (по всем объектам Госзаказа). В дальнейшем выполняются полевые опытно-методические и ревизионные работы с отбором контрольных проб для аналитико-технологических исследований на объектах Госзаказа, предоставляется научно-методическая

помощь в обработке материалов, полученных в ходе работ на объектах, подготавливаются альтернативные планы, схемы, разрезы с рекомендациями по направлениям ГРП. В итоге апробируются результаты геологоразведочных работ и оценки прогнозных ресурсов по данным годовых и окончательных отчетов с рекомендациями о продолжении, корректировке или прекращении работ.

Постоянно проводимое коллективами отраслевых НИИ научно-методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ направлено на повышение результативности ГРП и реализуется путем:

более целенаправленного выбора объектов для включения в текущие программы ГРП Роснедра на основе задач, определенных «Долгосрочной государственной программой изучения недр...», и директивных документов Правительства РФ по определению приоритетных территорий по проведению ГРП на длительную перспективу с учетом реальных социально-экономических задач. Эта работа, осуществляемая на основе требований, разработанных Роснедра, обеспечивает подготовку проектов оперативных (годовых) программ ГРП по воспроизводству минерально-сырьевой базы; на этой основе ежегодно из 200–250 предложений территориальных органов для включения в оперативные программы ГРП Роснедра рекомендуются не более 20–40 объектов;

повышения требований к подготовке основных документов, регламентирующих и отражающих проведение ГРП на объектах: геологических заданий и календарных планов на объект в целом и на текущий год; проектно-сметной документации, информационных и окончательных отчетов (напомним, что без положительных заключений рабочих групп отраслевых НИИ проекты ГРП не принимаются к экспертизе);

авторского надзора за выполнением ГРП на большинстве объектов с проведением собственных полевых опытно-методических (геолого-геофизических, геохимических и других исследований) и ревизионных работ с отбором контрольных проб для аналитико-технологических исследований;

ужесточения требований к оценке результатов и качества ГРП в период выполнения Госзаказа вплоть до прекращения работ на объектах в случае неудовлетворительного их проведения или получения отрицательных результатов.

Результаты работ по научно-методическому обеспечению и сопровождению ГРП отражаются в подготовке проектов оперативных (годовых) программ по воспроизводству минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых на территории

России. Проекты этих программ и перечни объектов рассматриваются и утверждаются секциями научно-технического Совета, а затем на НТС Федерального агентства по недропользованию для формирования федерального заказа на производство ГРП.

В целом комплекс работ по научно-методическому обеспечению и сопровождению в системе программно-целевого управления воспроизводством минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов обеспечивает реализацию среднесрочных и долгосрочных программных мероприятий и представляет **ключевой блок системы в части оптимизации геологоразведочных работ, выполняемых за счет средств госбюджета, и повышения их результативности.**

Рассмотрим, как реализуются близкие по смыслу работы по выбору объектов ГРП для включения в программы лицензирования, подготовке проектов на проведение ГРП, контролю за проведением ГРП и оценке полученных результатов ГРП, выполняемых за счет средств недропользователей.

Следует отметить, что в соответствии с приказами Роснедра начиная с 2007 г. проводятся регулярные рассмотрения результатов работ недропользователей в Управлении геологии и лицензирования с привлечением специалистов отраслевых НИИ, выполняющих работы по научно-методическому сопровождению. По данным этих рассмотрений можно отметить следующее.

Геологоразведочные работы за счет средств недропользователей предусмотрены лицензионными соглашениями почти на 2000 участках недр. При этом значительное количество объектов лицензирования включалось в программы геологического изучения и воспроизводства МСБ за счет средств недропользователей по заявительному принципу, часто без учета минерагенического профиля региона и целесообразности проведения ГРП на конкретных площадях.

Нередко ГРП за счет средств недропользователей выполнялись без утвержденной проектно-сметной документации. Так проводились ГРП в 2006 г. на 50% объектов. В 2008 г. число таких объектов составляло от 10 до 30%, что являлось нарушением Закона «О недрах» и условий лицензионных соглашений, а также не позволяло контролировать их выполнение.

По значительной доле действующих объектов на момент объявления конкурсов (аукционов) отсутствовали утвержденные запасы и (или) апробированные прогнозныe ресурсы, что, с одной стороны, не согласуется с известной степенью изученности территории России, а с другой — резко сни-

жает обоснованность перспективности лицензионного объекта. Кроме того, отсутствие на площадях, предлагаемых к лицензированию, апробированных прогнозных ресурсов приводит к неадекватной их оценке при определении разовых платежей за право пользования участками недр.

Не налажен в должной мере контроль за своевременным представлением недропользователями отчетности со стороны территориальных органов. При существующей заявительной практике предоставления в пользование участков недр без разумных ограничений происходят «распыление» государственного фонда недр (около 1600 лицензий за 2006–2009 гг. были рекомендованы к проверке Росприроднадзором только по результатам рассмотрения ГРР за счет средств недропользователей в Управлении твердых полезных ископаемых Роснедра) и «омертвление» на годы перспективных площадей. Это связано, прежде всего, с нехваткой у доминирующих среди владельцев лицензий мелких недропользователей необходимой геологической службы, что приводит к срыву сроков выполнения ГРР, установленных лицензионными соглашениями, уже на стадии подготовки и утверждения проектно-сметной документации.

Приведенное сравнение отражает имеющиеся существенные различия в подготовке и проведении

ГРР за счет средств госбюджета и недропользователей. В первом случае в решении задач Госзаказа участвуют отраслевые НИИ в рамках научно-методического сопровождения, во втором — подобный или близкий механизм отсутствует. Указанное различие, наряду с рядом других не менее веских факторов, с нашей точки зрения, имеет важное значение для эффективного проведения работ.

Выбранный Федеральным агентством по недропользованию путь привлечения научных сил профильных отраслевых НИИ для повышения эффективности ГРР, выполняемых за счет средств федерального бюджета, несомненно, правилен. Выполняемая рабочими группами отраслевых НИИ большая работа по выбору приоритетных объектов для включения в годовые программы ГРР Роснедра, научно-методическое обеспечение при разработке документов, регламентирующих проведение ГРР, внедрение современных научных разработок в практику ГРР (включая непосредственное участие экспертных групп НИИ в полевых исследованиях) — все это, несомненно, обеспечивает решение задач по повышению эффективности ГРР, направленных на укрепление минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых России.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.411:551.3 (571.6)

© И.М.Гусев, В.В.Аристов, 2011

ЛИТОЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ЗОЛОТОНОСНЫХ ТОЛЩ ПОЗДНЕГО НОРИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЯНО-КОЛЫМСКОЙ ЗОЛОТОНОСНОЙ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ, РЕСПУБЛИКА ЯКУТИЯ

И.М.Гусев, В.В.Аристов (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Исследована литология, условия осадконакопления и рудоносность верхнетриасовых пород Селерикан-Тарынской металлогенической зоны, расположенной в пределах Куларо-Нерского сланцевого пояса. Выделены девять контрастных литотипов рудовмещающих пород, распознаваемых в обнажениях всех стратиграфических свит, распространенных на изученной площади. Составлены палеогеографические разрезы. Установлено, что накопление пород происходило в условиях мелководного морского бассейна. Выделены литолого-фациальные обстановки авандельты, лагуны, бара и открытого мелководного шельфа. Для локализации золоторудных месторождений благоприятны глинистые толщи лагун, обогащенные органическим веществом.

Ключевые слова: месторождения золота, рудовмещающие породы, литология, фация, палеогеография.

Гусев Иван Михайлович, litolog@yandex.ru, Аристов Василий Васильевич, blagmet@tsnigri.ru

LITHOLOGY AND CONDITIONS OF ACCUMULATION OF THE DEPOSIT OF GOLD-BEARING THICKNESSES LATE NORIAN THE CENTRAL PART OF THE JANO-KOLYMA GOLD-BEARING PROVINCE, REPUBLIC YAKUTIA

I.M.Gusev, V.V.Aristov

Studied the lithology, depositional environment and ore Upper Triassic rocks Selerikan-Tarynskoj metallogenic zone, located within Coolaroo Nerskogo shale zone. Nine contrasting lithotypes ore-bearing rock that can be recognized in outcrops of stratigraphic formations distributed in the investigated area. Compiled paleogeographic cuts. It was established that the accumulation of species occurred in a shallow marine basin. Marked lithofacies situation delta, lagoons, bars and open shallow shelf. For the localization of gold deposits are favorable clay strata lagoons, rich in organic matter.

Key words: gold deposits, sedimentary rock, sedimentology, facies, paleogeographic.

Уникальная золотоносность Северо-Востока России привлекает внимание исследователей на протяжении 80 лет. Большая часть отработанных и прогнозируемых золотых месторождений сосредоточена в пределах Верхояно-Чукотской складчатой системы. Суммарные прогнозные ресурсы и запасы золота россыпных и коренных месторождений превышают 5000 т [7]. Руды локализованы главным образом в терригенных породах верхоянского комплекса, несущего признаки формирования в окраинно-континентальных условиях.

Авторами изучены картируемые в полевых условиях литологические признаки рудовмещающих пород верхоянского комплекса и выделены литолого-фациальные обстановки, благоприятные для локализации золоторудных месторождений.

Время накопления терригенных иногда с вулканогенной или карбонатной примесью толщ в окра-

инно-континентальных условиях охватывает более 150 млн. лет — с позднего карбона до конца поздней юры. Максимумы осадконакопления приходятся на позднюю пермь (Аян-Юряхский антиклинорий), средний — поздний триас (Адыча-Индибирская зона) и среднюю — позднюю юру (Инъяли-Дебинский синклинорий). Все это время в бассейне осадконакопления из архейских пород обрамления выносилось золото. При изучении характера распределения содержания золота в осадочных толщах использованы данные авторов (~350 атомно-абсорбционных, >1000 нейтронно-активационных и золото-спектральных анализов). Проведена разбивка 5000 золоторудных объектов. В конечной выборке представлено 1200 объектов с содержаниями Au выше порога чувствительности пробирного анализа — 0,5 г/т. Выделены три крупных стратиграфических уровня с повышенным содер-

жанием золота. Границы уровней не изохронны и в различных частях осадочного бассейна существенно варьируют в соответствии с законом смены осадочных фаций. Первый уровень отвечает верхнему карбону в западной части Южного Верхоянья, границе карбон – пермь — в северо-восточной части и в Западном Верхоянье, верхней части пермского отдела (граница атканской и омчакской свит) — в Аян-Юряхском антиклинории. Характерен постепенный подъем продуктивного уровня с границы аткан – омчак в омчакскую свиту к северу от Наталки и на уровень нижнего триаса к востоку от Чай-Юрьинского разлома. Второй уровень охватывает в целом верхнюю часть среднего триаса и верхний триас. В различных регионах с запада на восток уровень омолаживается и охватывает отложения, отвечающие по длительности осадконакопления одному–двум подъярусам. Третий уровень наиболее отчетливо выделяется в Инъяли-Дебинском синклинории и включает отложения одного–двух ярусов средней юры в центральной части Инъяли-Дебинского синклинория и верхней юры на востоке – юго-востоке региона. Необходимо отметить, что если первый уровень развит повсеместно, то второй охватывает только триас к востоку от Эльгинского поднятия, а третий — юрские отложения центральной и южной частей Инъяли-Дебинского синклинория. От уровня к уровню изменяется характер пространственного распределения золоторудных объектов. Направленность эволюции этого распределения от узлового через линейный к площадному наилучшим образом прослеживается в центральной части Яно-Колымской золоторудной провинции (Верхне-Индибирский и Центрально-Колымский золотоносные регионы).

Особо следует выделить верхнепермский уровень, где известны крупнообъемные месторождения (Наталка, Дегдекан). Эти объекты сконцентрированы в компактных изометричных структурах и отличаются пониженной пробой мелкого золота. На триасовом уровне группы месторождений и рудопроявлений концентрируются в линейных рудных районах, рудные тела представлены слабоминерализованными зонами дробления в песчаных алевролитах (Мало-Тарынское, Дрожное), кварцево-жильных телах (Бадран, Базовское), дайках (Вьюн, Утинская, Среднеканские и др.). Высоко-пробное золото различной крупности и пробы наблюдается в зонах динамометаморфизма. На юрском уровне золотоносность имеет площадной характер при преобладании жильной морфологии рудных тел с небольшими запасами (месторождения Чай-Юрья, Стахановец, Хаптагай-Хая, Люнкидали и др.). Золото обладает высокой про-

бой и повышенной крупностью, широко развиты уникальные россыпи. В Центрально-Колымском регионе суммарные объемы золотодобычи и утвержденных запасов, включая россыпи, составляют порядка 2500 т (в том числе пермский стратоуровень — 800, триасовый — 400, юрский — 1300 т) [8]. Пермский и юрский стратоуровни выделяются максимальной продуктивностью, однако для пермского уровня характерен более высокий удельный уровень запасов выявленных коренных месторождений. В северной части провинции (Адыча-Индибирское междуречье) наибольшее число золоторудных объектов сконцентрировано в верхнетриасовых отложениях.

На основе геолого-формационного анализа и данных по мировым аналогам установлено [2], что золоторудные месторождения локализованы в породах широкого спектра осадочных формаций — от молассовых до известково-доломитовых. Для каждой провинции положение золоторудных месторождений связано с определенной обстановкой накопления вмещающих осадочных формаций. Существует общая тенденция повышенной золотоносности осадочных формаций, накапливавшихся в областях растяжения, испытавших впоследствии различные формы инверсии.

Первичная золотоносность терригенных комплексов функционально зависит от золотоносности источников обломочного вещества и формы переноса кластогенного золота (от волочения крупных частиц до переноса во взвесах, коллоидных и истинных растворах). Концентрирование золота происходит при изменении динамики водного потока, а также при прохождении различных геохимических барьеров [3].

М.М.Константинов, обобщив данные по карбон-пермскому уровню, высказал предположение о том, что породы рудоносных уровней должны обладать специфическими текстурно-структурными особенностями и составом отложений [2]. Для проверки этого предположения на рудных объектах Верхне-Индибирского региона нами детально изучены рудовмещающие верхнетриасовые терригенные породы (второй продуктивный уровень).

Литологические критерии золото-кварцевого оруденения выявлялись и использовались нами при прогнозе и поисках месторождений благородных металлов в пределах Яно-Колымской провинции (Селерикан-Тарынская, Верхне-Индибирская, Инъяли-Дебинская металлогенические зоны). Исследования с 2004 по 2010 гг. проводились в пределах Мало-Тарынского, Дора-Пильского, Сарылахского, Диринь-Юряхского, Эльгинского, Туора-Тасского, Ольчанского, Бурустахского рудных районов, а

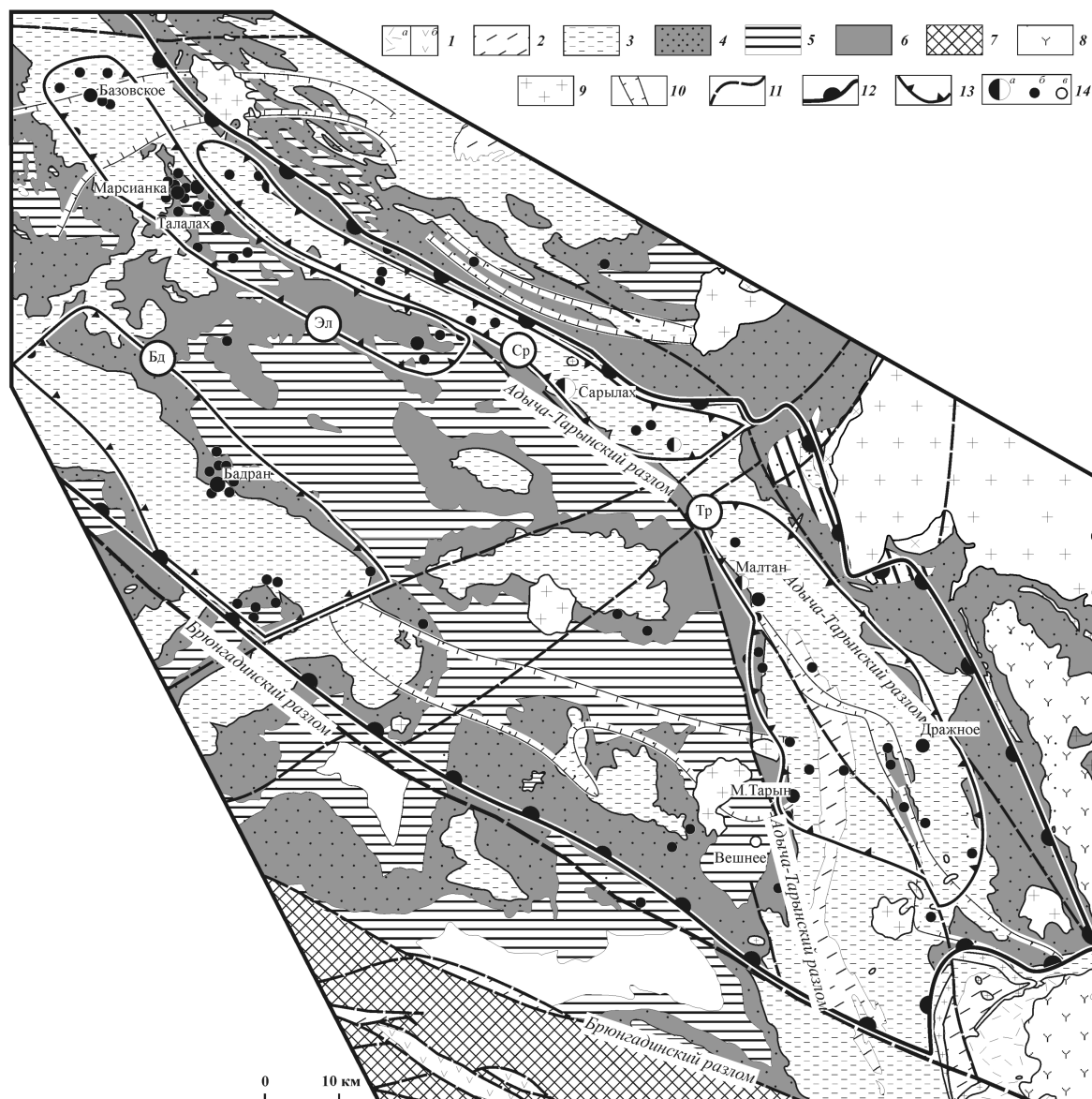


Рис. 1. Схема геологического строения центральной и южной частей Селерикан-Тарынской металлогенической зоны:

1 — юрско-меловой вулканогенно-осадочный комплекс с вулканитами (кислого, среднего (а), основного (б) составов); верхнетриасовый — нижнеюрский углеродистый терригенный рудоносный комплекс; 2 — юрские глинистые отложения неритовых впадин, 3 — верхненорийские песчано-глинистые и карбонатсодержащие турбидитные осадки глубокого шельфа и склона неритовых впадин; средне-верхнетриасовый сероцветный терригенный комплекс; 4 — норийские песчано-глинистые турбидитные отложения глубокого шельфа, 5 — карнийские песчано-глинистые глубокого шельфа, 6 — ладинские песчаные мелкого шельфа; 7 — пермско-триасовые песчаные отложения в чехле Охотского массива; комплексы интрузивных массивов и крупнейших поясов даек: 8 — позднеэокомовый дацитовый субвулканический, 9 — раннеэокомовые гранодиорит-гранитный и адаметит-гранитный, 10 — юрско-меловой диорит-гранодиоритовый (нера-бохапчинский); 11 — разрывные нарушения, по геологическим и геофизическим данным; границы: 12 — металлогенической зоны, 13 — рудных районов (Тр — Тарынский, Бд — Бадранский, Эл — Эльгинский, Ср — Сарылахский); 14 — месторождения и рудопроявления золото-сурьмяной (а), золото-кварцевой (б), серебро-полиметаллической (в) рудных формаций

также верхнего течения р. Индигирка и в бассейнах ее притоков — рек Нера, Большой Тарын, Эльга, Ольчан, Бурустах. Привлечены сравнительные дан-

ные по сходным исследованиям, проводившимся нашими коллегами (С.Ф.Стружков, М.В.Наталенко и др., 2006 г.) в рудных районах Центрально-

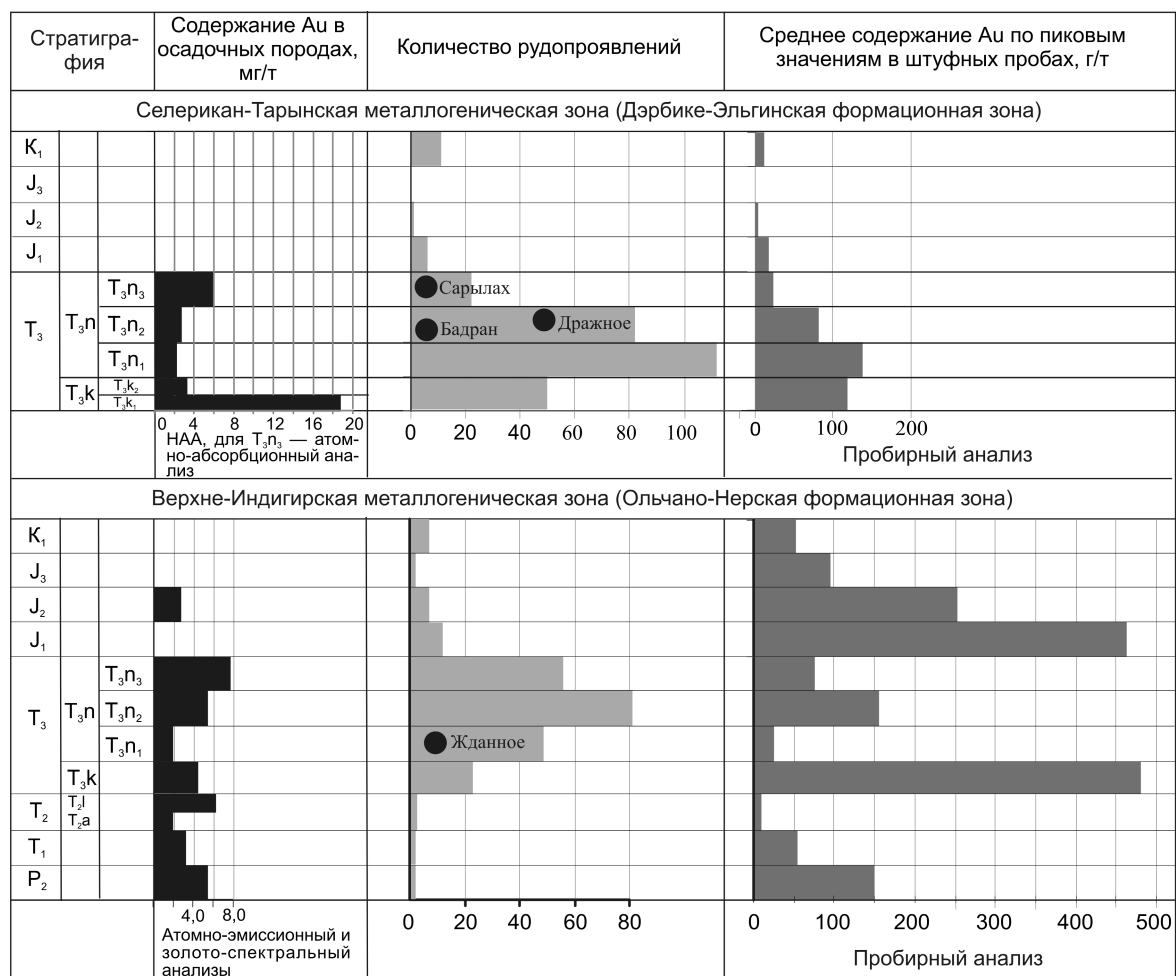


Рис. 2. Характер распределения содержаний и рудопроявлений золота во вмещающих толщах Верхне-Индигорского региона:

кружками показано положение месторождений золота в разрезе

Колымского региона (месторождения Наталка, Дегдекан, Юглер, Ат-Юрях) и Адычанского (Д.Н.Задорожный, Н.В.Тихонова и др., 2009 г.).

Рудовмещающие породы на исследованной территории (центральная часть Яно-Колымской провинции) представлены верхнетриасовыми отложениями, норийский ярус (рис. 1). Рудоносность различных стратиграфических уровней пород отражена на рис. 2. Из анализа гистограмм хорошо видна зависимость числа объектов от возраста вмещающих пород.

По структурным и текстурным признакам выделены девять контрастных литотипов пород (рис. 3–5), уверенно распознаваемых в обнажениях всех свит, распространенных на изученной площади (табл. 1). При необходимости каждый литотип можно разбить на подтипы. Анализ разрезов,

выполненных по методике О.В.Япаскурта [12], позволяет определить фаціальную принадлежность выделенных литотипов.

Верхнетриасовые отложения на изученной территории характеризуются региональной фаціалью изменчивостью. Границы фаций приурочены к крупным региональным конседиментационным разломам. Выделяются три структурно-фаціальные зоны (СФЗ), примерно соответствующие металлогеническим зонам: Дэрбике-Эльгинская (ДЭ) на юго-западе, Ниткан-Тобычанская (НТ) в центральной части района и Ольчано-Нерская (ОН) на северо-востоке. Структурно-фаціальные зоны разделены крупными региональными разломами. Верхнетриасовые отложения в каждой зоне подразделены на свиты. По палеонтологическим признакам их разрезы сопоставимы (рис. 6, I).

К палеонтологической зоне *Pinacoceras verchojanicum* в Дербике-Эльгинской СФЗ принадлежит сюррампинская свита. Свита обнажена не полностью, ее видимая мощность 450 м. Представлена алевролитами крупно- и мелкозернистыми с прослоями песчаных алевролитов, редко мелкозернистых песчаников (1–2 м) — литотипы АВ2 и АВ3.

Стратиграфическим аналогом сюррампинской свиты в Ниткан-Тобычанской СФЗ является маршальская свита мощностью 320 м, сложенная литотипами П2 и АВ3. Мощные пачки массивных песчаников (20–60 м) чередуются со слоистыми алевролитовыми пачками (10–15 м). В песчаниках отмечаются крупнообломочные брекчии взмучивания (0,2–0,5 м).

В Ольчано-Нерской СФЗ маршальская подсвита имеет мощность 490 м, представлена массивными мелко-среднезернистыми песчаниками (литотип П2) мощностью 9–56 м, образующими пачки в кровле и подошве разреза. Средняя часть подсвиты представлена алевролитами до аргиллитов с тонкой параллельной слоистостью (литотип АВ1).

Зона *Otapiria ussuriensis* в Дербике-Эльгинской СФЗ представлена быйттахской свитой, подразделенной на четыре подсвиты. Первая быйттахская подсвита мощностью 420 м сложена преимущественно литотипами П3, П4 и КР при подчиненной роли АВ3, АВ2. Состоит из песчаников и песчаных алевролитов с плохой сортировкой обломочного материала, нечеткими границами между пластами и линзовидно-слоистыми текстурами. Отмечены следы взмучивания. В кровле и подошве подсвиты наблюдаются редкие отпечатки двустворок *Otapiria ussuriensis* (Vor.). В юго-западной части района преобладают среднезернистые плохо отсортированные песчаники с прослоями и линзами (до

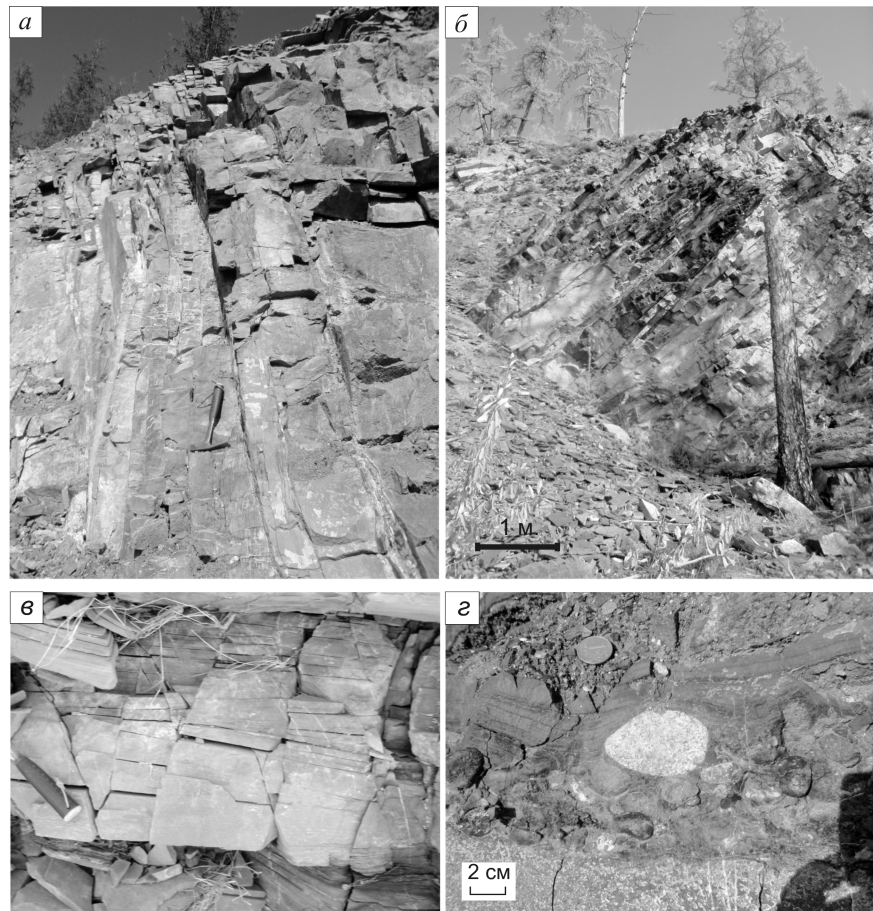


Рис. 3. Литологические типы пород:

а, б — литотип П4; в — литотип П3; г — литотип КР

10 см) крупнозернистых песчаников и полимиктовых конгломератов. Алевролитов не более 10–15%. Преобладают линзовидная слоистость и текстуры взмучивания, часто встречаются ходы илоедов. В кровле присутствуют два прослоя с редкими отпечатками двустворок *Otapiria ussuriensis* (Vor.). Песчаность подсвиты 73%.

Вторая быйттахская подсвита мощностью 470 м сложена литотипами АВ3, АВ2, П3, П4 и КР. Преобладают алевролитистые песчаники при подчиненной роли песчаных и крупнозернистых алевролитов. В алевролитах доминируют волнисто-линзовидные, биогенные текстуры. Наблюдаются следы взмучивания. В песчаниках отмечается растительный детрит, иногда с крупными (2×10 см) растительными остатками. По всему разрезу встречаются многочисленные ходы илоедов, изредка отпечатки *Otapiria ussuriensis* (Vor.). В юго-западной части района в разрезе преобладают зеленовато-серые мелкозернистые алевролитистые песчаники

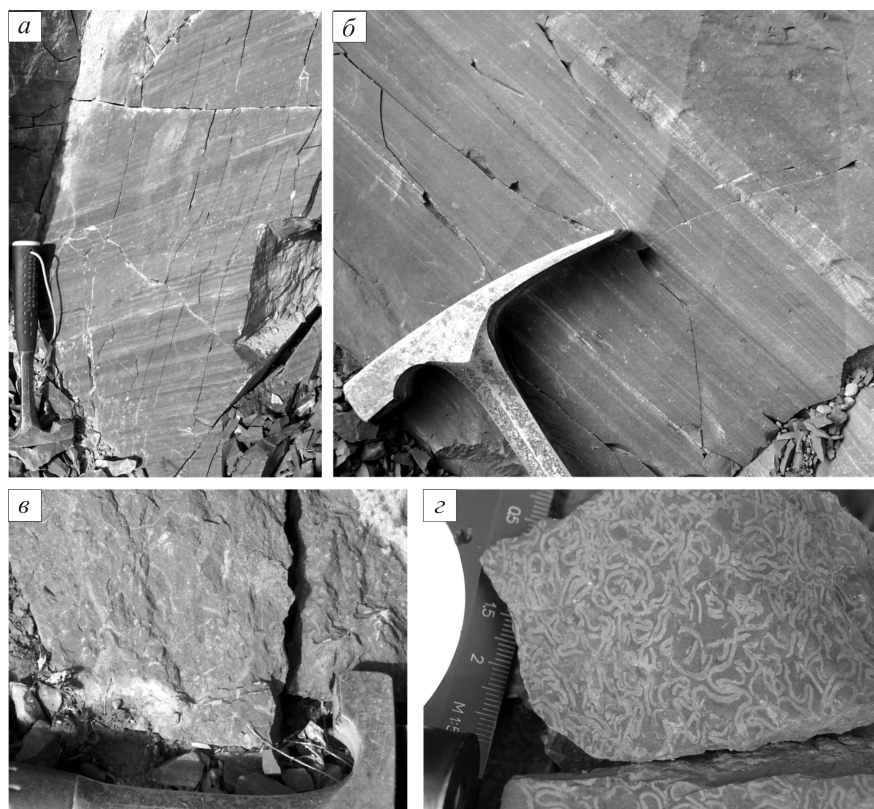


Рис. 4. Литологические типы пород:

а, б — литотип АВ2; в — крупный растительный детрит, литотип АВ3; з — ходы илоедов, литотип АВ3

с редкими прослоями песчаных алевролитов и линзами (мощностью не более 10 см) мелкообломочного полимиктового гравелита с «плавающей» галькой и сидеритовыми конкрециями. В верхней части разреза возрастает количество прослоев с преобладанием алевроитового материала. В них часто встречаются крупные ходы илоедов, реже отпечатки *Otapiria ussuriensis* (Vor.). Некоторые слои обогащены крупными растительными остатками и детритом. Песчаность подсвиты 60%.

Третья быйттахская подсвита мощностью 460 м сложена литотипами ПЗ, П4, КР, АВ3 и АВ2. Пласты мелко- и среднеразмерных массивных песчаников (15–20 м) чередуются с песчаниково-алевролитовыми пачками мощностью 5–15 м. На нескольких уровнях в разрезе подсвиты отмечаются линзы полимиктовых конгломератов мощностью 5–10 см, брекчии взмучивания. В средней и верхней частях часто встречаются отпечатки двустворок *Otapiria ussuriensis* (Vor.). В юго-западной части района в разрезе подсвиты преобладают пачки (мощностью от 10 до 30 м) переслаивания песчани-

стых алевролитов (0,5–1 м) и алевроитистых и мелкозернистых песчаников. В алевролитах по всему разрезу отмечаются детрит раковин двустворок, реже отпечатки *Otapiria ussuriensis* (Vor.). В прослоях песчаников плоская галька аргиллитов размером 3×5×0,2 см. В верхней части разреза отмечаются три пласта серых мелкозернистых песчаников (мощностью от 9 до 25 м) с редкими линзами полимиктовых конгломератов и прослоями песчаных алевролитов (мощностью 1–2 м). Песчаность подсвиты 77%.

Четвертая быйттахская подсвита мощностью 450 м сложена литотипами ПЗ, П4, КР и АВ3. Разрез подсвиты представлен пластами (5–12 м) песчаников и пачками (10–30 м) чередования алевроитистых песчаников, песчаных алевролитов и

крупнозернистых алевролитов. Песчаники массивные от мелко- до крупнозернистых, часто с прослоями полимиктовых гравелитов и конгломератов. В средней части разреза в нескольких прослоях наблюдаются многочисленные *Otapiria ussuriensis* (Vor.). В юго-западной части района отложения подсвиты представлены в основном мелко- и среднеразмерными песчаниками. Характерно большое количество линз и прослоев полимиктовых гравелитов и конгломератов. В кровле и подошве разреза отмечаются несколько прослоев песчаных алевролитов с ходами илоедов, детритом раковин и целыми отпечатками *Otapiria sp. indet.* Песчаность подсвиты 85%.

Стратиграфическим аналогом свиты в Ниткан-Тобычанской СФЗ является тонорская свита, разделенная на две подсвиты. Нижнетонорская подсвита мощностью 350 м сложена литотипами П2, АВ3 и АВ2. В ее разрезе выделяются три крупных ритмопачки: 1) алевролит слоистый с *Otapiria ex gr. ussuriensis* Vor. (15 м) — песчаник с брекчиями взмучивания (25 м); 2) алевролит тонкослоистый (38 м) —

сложная песчаниково-алевролитовая пачка с линзовидно- и волнисто-слоистыми слойками псаммитового материала (85 м) — песчаник с включениями мелких обломков алевролитов (37 м); 3) слоистая песчаниково-алевролитовая пачка с линзовидно- и волнисто-слоистыми слойками псаммитового материала (115 м) — песчаник массивный (13 м).

Верхнетонорская подсвита мощностью 490 м сложена литотипами П2, АВ3 и АВ1. Ритмично чередуются пласты алевролитов (20–80 м), слоистые песчаниково-алевролитовые пачки (до 60 м) и пласты песчаников (10–15 м). Мощность ритмов 40–100 м (до 120 м), строение их не полное: алевролит – песчаник или алевролит – слоистая песчаниково-алевролитовая пачка, реже алевролит – слоистая песчаниково-алевролитовая пачка – песчаник.

В Ольчано-Нерской СФЗ тонорская свита также разделена на две подсвиты. Нижнетонорская подсвита мощностью 250 м сложена литотипами П1, П2, АВ3 и АВ2. Алевролитовые слои имеют мощность 10–50 м. В нижней части разреза выделяется песчаная пачка. Верхнетонорская подсвита мощностью 490 м сложена литотипами П1, П2, АВ3 и АВ1. Преобладают алевролиты, черные аргиллиты, очень редки маломощные пласты мелкозернистых песчаников (0,15–0,25 м).

Зона *Monotis scutiformis* в Дербике-Эльгинской СФЗ представлена первой чернянской подсвитой мощностью 480 м. Подсвита сложена литотипами П3, П4, КР и АВ3. Чередуются мощные (до 80 м) песчаные и алевроито-песчаные пачки. По всему разрезу встречаются линзовидные прослои полимиктовых мелкогалечных конгломератов. Характерны косослоистые текстуры. Встречены многочисленные отпечатки *Monotis*

scutiformis Tell., в кровле линзы ракушнякав. Песчаность свиты 68%.

Стратиграфическим аналогом подсвиты в Ниткан-Тобычанской СФЗ является первая някуньинская подсвита мощностью 300 м, сложена в основном литотипами АВ3 и АВ2 при подчиненной роли литотипов АВ1 и И3. Слоистые алевролитовые пачки чередуются с тонкоритмично-слоистыми песчаниково-алевролитовыми с ходами илоедов, крупным растительным детритом и линзами ракушнякав. В алевролитах отмечены многочисленные сидеритовые конкреции. Редко встречаются отдельные пласты мелкозернистых массивных песчаников мощностью 1–2 м, линзовидные прослои пелитоморфных известняков со структурами «конин-кон».

В Ольчано-Нерской СФЗ первая някуньинская подсвита мощностью 260 м сложена литотипами

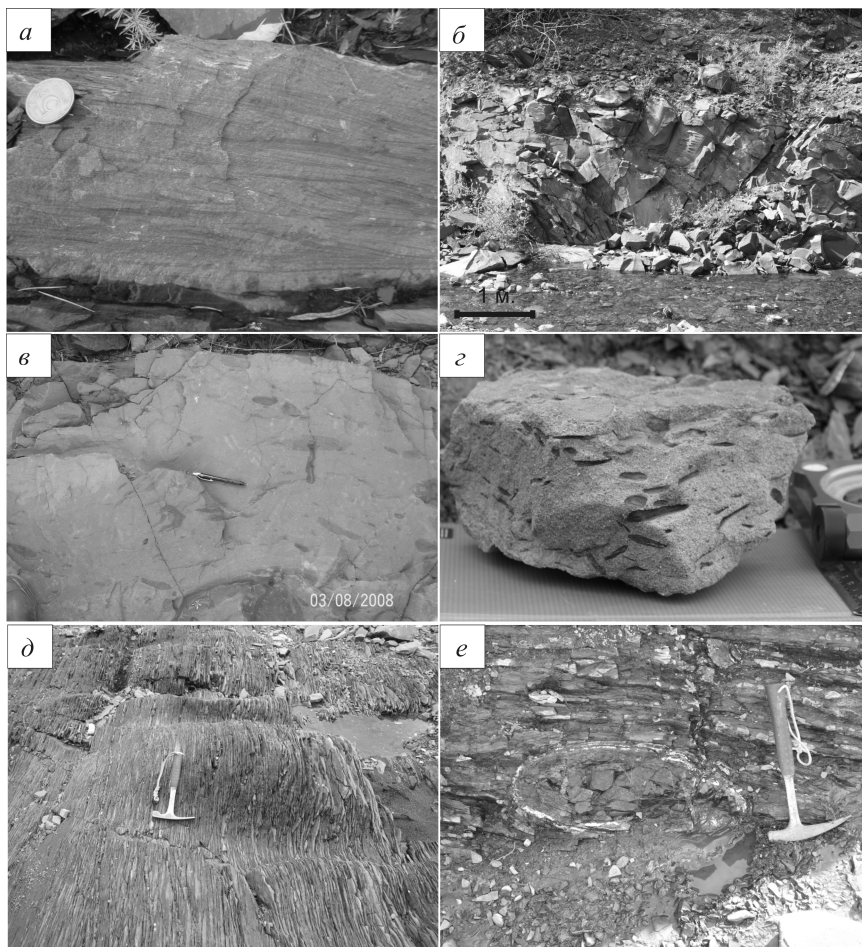


Рис. 5. Литологические типы пород:

a — литотип П1; *б* — литотип П2; *в, г* — брекчии аргиллитов в породах литотипа П2; *д* — литотип АВ1; *е* — сидеритовая конкреция в породах литотипа АВ1

1. Литологические типы пород

Обста-новки	Индексы	Краткая характеристика
Бар	П1	Сильнопесчанистые алевролиты, алевритистые песчаники, реже мелкозернистые с параллельно-волнистой слоистостью, часто с косыми сериями. Косые слойки S-образные. Косые серии по мощности не превышают 10–15 см, часто линзовидно выклиниваются
	П2	Массивные мелкозернистые, реже среднезернистые песчаники от светло- до темно-серых. Мощность слоев от 0,1 до 10 м. В подошве слоев заметны лепешкообразные гальки алевролитов до 2–3 см. Иногда наблюдаются горизонты алевролитовых грубых до 1 м конгломерато-брекчий. Обломки часто изогнуты, иногда закатаны в рулеты. Нижняя граница слоев со следами размыва
Авандельга	П3	Песчаники мелкозернистые, реже среднезернистые с крупной косой однонаправленной слоистостью. Мощность слоев до 1 м
	П4	Песчаники мелкозернистые, реже среднезернистые массивные. Мощность слоев от 0,5 до 2 м. В кровле песчаников наблюдаются знаки ряби, глинистые примазки и ходы илоедов. Слои песчаников полого наклонены в северо-восточном направлении. Отпечатки наземной растительности до 15 см, углистый детрит
	КР	Конгломераты линзовидные (протяженность — первые метры, редко первые десятки метров). Хорошо окатанная галька (размер 1–5 см) представлена адамеллитом, гранодиорит-порфиром, аплитом, гранит-порфиром, кварцевым порфиром, риолитом, фельзитом, перлитом, кислыми туфами, жильным кварцем, гранитогнейсами, кварцитами, песчаниками, окремнелыми сланцами
Открытый шельф	АВ1	Черные глинистые алевролиты, аргиллиты. По роды тонкоплитчатые, листоватые с частыми сидеритовыми конкрециями до 20×40 см и сидеритовыми горизонтами мощностью 20 см, протяженностью десятки метров. Фауна редка
	ИЗ	Известняки пелитоморфные в слоях 3–5 см. Аргиллиты известковистые с фунтиковой текстурой мощностью до 20 см
Лагуна	АВ2	Алевролиты черные комковатые за счет участков, обогащенных песчаным материалом. Алевролиты биотурбированы, в них наблюдаются следы ползания донных организмов в виде коротких 2–3 мм, выполненных черным пелитовым материалом, ходов. По напластованию алевролитов развиты ожелезненные, выполненные песчаным материалом, следы ползания илоедов длиной 3–5 см шириной 2–3 мм. В алевролитах часто встречаются отпечатки двустворок, иногда образующих горизонты до 15 см
	АВ3	Песчаные алевролиты данного литотипа содержат тонкие (2–5 мм), невыдержанные, разорванные, линзовидно выклинивающиеся (лапшевидные), часто расщепленные слойки серых мелкозернистых песчаников. В обнажениях наблюдается постепенный переход черных комковатых алевролитов с тонкими невыдержанными слойками мелкозернистых песчаников в серые мелкозернистые алевритистые песчаники с тонкими (3–8 мм) слойками черных алевролитов

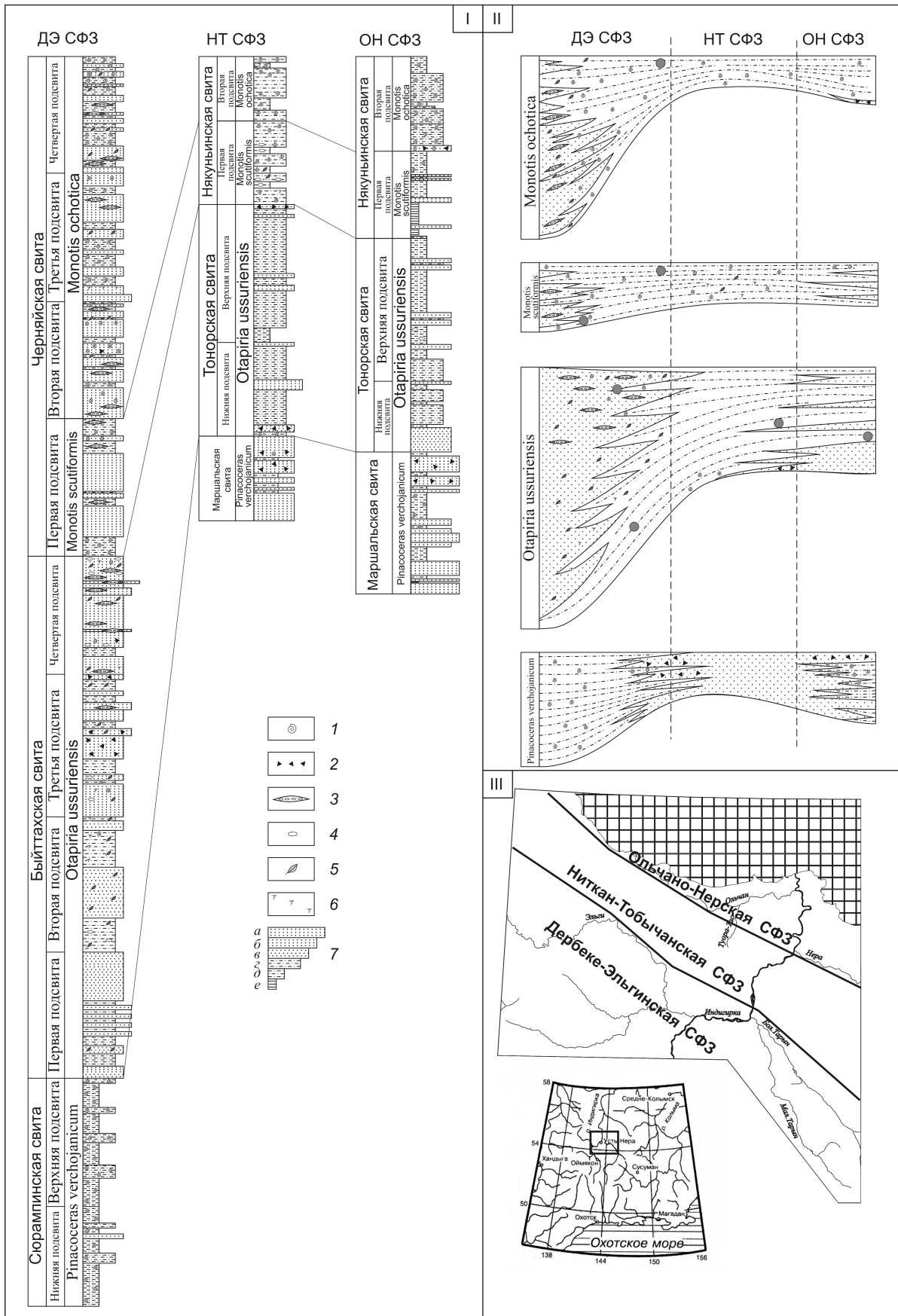
АВ1, ИЗ, АВ2 и П2. Пачки тонкого переслаивания алевролитов и песчаников и две существенно песчаниковые пачки (20–50 м). Часто наблюдаются линзы известковистых алевролитов с текстурой «кон-ин-кон».

К зоне *Monotis ochotica* в Дербике-Эльгинской СФЗ отнесены вторая, третья и четвертая черная подсветы. Вторая черная подсвета мощностью 450 м сложена литотипами П3, П4, КР и АВ3. Подсвета имеет груборитмическое строение,

мощность ритмов 10–60 м. В основании залегают песчаники мелко- и среднезернистые, иногда плохо отсортированные, с линзами гравелитов и полимиктовых конгломератов. Второй компонент ритма — линзовидно-слоистые алевритистые песчаники и песчаные алевролиты или тонкослоистые (0,1–0,5 м) песчаниково-алевролитовые пачки мощностью 7–15 м, редко до 20 м. В основании песчаных пластов наблюдаются следы размыва, включения обломков аргиллитов. По всему разрезу присут-

Рис. 6. Схема сопоставления разрезов (I), фациальные схемы, построенные вкост основных структур (II), обзорные схемы расположения района исследования (III):

1 — фаунистические остатки; 2 — аргиллитовые брекчии; 3 — линзы и прослои конгломератов; 4 — сидеритовые конкреции; 5 — отпечатки наземной растительности и растительный детрит; 6 — ходы илоедов; 7 — гранулометрический состав пород (а — песчаник крупнозернистый, б — то же, среднезернистый, в — то же, мелкозернистый, г — алевролит крупнозернистый, д — то же, мелкозернистый, е — аргиллит)



ствуют прослои с многочисленными *Monotis ochotica* Keys. Песчанистость подсытки 91%.

Третья черняйская подсытка мощностью 450 м сложена литотипами ПЗ, П4, КР и АВЗ существенно песчаникового состава и ритмичного строения. Мощность ритмопачек 40–100 м. Нижняя часть их сложена массивными песчаниками (15–25 м), которые сменяются плохо отсортированными алевритистыми, переслаивающимися с песчанистыми линзовидно-волнистыми и параллельно-слоистыми алевролитами (20–40 м). В плохо отсортированных песчаниках иногда отмечаются линзовидные прослои мелкогалечных полимиктовых конгломератов. Наблюдаются многочисленные отпечатки *Monotis ochotica* Keys. Песчанистость подсытки 76%.

Четвертая черняйская подсытка мощностью 510 м сложена литотипами ПЗ, П4, КР и АВЗ ритмично-слоистого строения. Чередуются пласты песчаников, слоистые песчаниково-алевролитовые и слоистые существенно алевролитовые пачки. Снизу вверх по разрезу мощность песчаников уменьшается. В нижней части разреза присутствуют линзовидные прослои полимиктовых конгломератов. Многочисленны органические остатки *Monotis ochotica* Keys. Песчанистость подсытки 54%.

Стратиграфическим аналогом подсытки в Ниткан-Тобычанской СФЗ является вторая някуньинская частично эродированная подсытка видимой мощностью >250 м, сложенная литотипами АВ1,

АВ2 и АВЗ. Чередуются слоистые алевролитово-песчаниковые, песчаниково-алевролитовые и алевролитовые пачки мощностью 15–30 м. В алевролитах отмечаются несколько горизонтов с сидеритовыми конкрециями, линзовидные прослои ракушняков *Mono-tis ochotica* Keys.

Вторая някуньинская подсытка в Ольчано-Нерской СФЗ сложена породами литотипов АВ1, АВ2, АВЗ и П2. В основании ее залегает песчаниковый слой мощностью 9 м, остальной разрез представлен параллельно- и линзовидно-слоистыми алевролитами, мелкозернистыми песчаниками, переслаивающимися в пластах мощностью 0,1–1 м.

В связи с сильной фациальной изменчивостью пород Селерикан-Тарынской металлогенической зоны палеогеографические условия целесообразно рассматривать по палеонтологическим зонам (см. рис. 6, П).

Зона *Pinacoceras verchojanicum*. Во время накопления пород зоны центральную часть района (Ниткан-Тобычанская СФЗ) занимал баровый пояс. Баровые отложения, представленные песчаниками литотипа П2, на юго-западе (Дербек-Эльгинская СФЗ) фациально замещаются алевролитами литотипов АВ2 и АВЗ, отлагавшимися в условиях полуизолированного лагунного бассейна. В северо-восточной части территории (Ольчано-Нерская СФЗ) доля баровых песчаников сокращается, появляются песчаники с косоволнистой слоистостью течения литотипа П1 и пачки глинистых пород литотипа АВ1, накапливавшиеся в условиях открытого шельфа.

Зона *Otapiria ussuriensis*. Фациальный состав зоны отражает проградацию дельты в глубь осадочного бассейна. На юго-западе (Дербек-Эльгинская СФЗ) доля песчаников литотипа ПЗ увеличивается вверх по разрезу, фиксируя выдвигание дельты на северо-восток. На северо-востоке территории (Ольчано-Нерская СФЗ) доля баровых песчаников литотипа П2 сокращается вверх по разрезу, бар продвигается в сторону открытого шельфа.

Зона *Monotis scutiformis*. Центральную часть территории (Ниткан-Тобычанская СФЗ) занимал полуизолированный лагунный бассейн, в котором накапливались глинистые породы литотипов АВ2 и АВЗ. С юго-запада (Дербек-Эльгинская СФЗ) лагунные отложения фациально замещаются песчаниками аван-

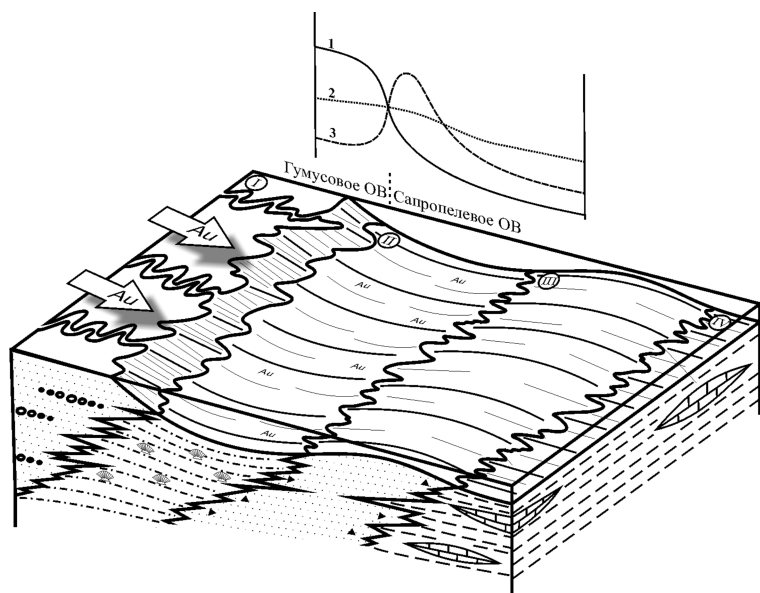


Рис. 7. Фантограмма, иллюстрирующая обстановки осадконакопления и распределение в них терригенного золота:

I — прибрежная аллювиальная равнина; II — лагуна; III — баровый комплекс; IV — открытый шельф; распределение золота в лагунном бассейне: 1 — гравитационное, 2 — в коллоидных растворах, 3 — в истинных растворах

дельты (литотип ПЗ). На северо-востоке баровый пояс почти полностью исчезает и лагунные отложения граничат с глинистыми породами литотипа АВ1 открытого шельфа.

Зона *Monotis ochotica*. Условия накопления пород аналогичны таковым предыдущей зоны. По сравнению с ней на юго-западе (Дербек-Эльгинская СФЗ) несколько уменьшается доля авандельтовых песчаников литотипа ПЗ, а на северо-востоке (Ольчано-Нерская СФЗ) увеличивается доля баровых песчаников литотипа П2.

Проведенное исследование показало, что породы Куларо-Нерского сланцевого пояса сформировались в прибрежных условиях мелководного морского шельфа. В строении разреза участвуют песчаные породы авандельты, глинистые породы полуизолированной лагуны, песчаные баровые породы и глинистые отложения открытого мелководного шельфа (рис. 7).

Вывод о прибрежно-мелководных условиях накопления пород подтверждается палеонтологическими данными. Моллюски *Monotis scutiformis Tell.*, *Monotis ochotica Keys.*, *Monotis zabajkalic Kipar*: обитали в условиях мелководных, полуизолированных морских бассейнов с пониженной гидродинамикой среды и вели псевдопланктонный образ жизни [13].

При металлогеническом районировании Дербек-Эльгинская СФЗ, соответствующая фрагменту Куларо-Нерского сланцевого пояса, выделяется в качестве Селерикан-Тарынской металлогенической зоны.

Куларо-Нерский сланцевый пояс выделен [4, 5, 10] как турбидитовый террейн, протягивающийся >1000 км в северо-западном направлении вдоль северо-восточной окраины Северо-Азиатского кратона. Ранее считалось, что отложения пояса накапливались за счет спорадически возникавших временных потоков, которые переносили материал из области мелководной приконтинентальной части шельфа в область континентального подножия. Основным транспортным агентом переноса материала служили турбидитные потоки, а осадок накапливался в глубоководных условиях [4–6, 9]. Наши исследования показали, что в пределах центральной части Яно-Колымской металлогенической провинции породы накапливались в прибрежно-морских мелководных обстановках.

Причины локализации золоторудных месторождений в отложениях прибрежного мелководья требуют своего объяснения. Ежегодно в воды Мирового океана реками выносятся 23 млрд. т осадочного вещества. Из них 2300 т приходится на золото. При этом концентрация золота в океане не

2. Распределение сорбированного золота по компонентам ОВ морского ила, по [11]

Компоненты ОВ морского ила	Содержание Au, %
Воднорастворимое ОВ	0,7
Фульвокислоты	50
Гуминовые кислоты	21
Остаточное ОВ	11,5

увеличивается. Это происходит вследствие вывода золота из геохимических циклов океана.

Исследования современных осадков Мирового океана показали что, основными концентраторами золота служат глинистые осадки шельфа, обогащенные органическим веществом (ОВ), аналогичные выделенным в Селерикан-Тарынской металлогенической зоне литотипам АВ2 и АВ3.

По данным Э.И.Фишера [11], морской ил сорбирует растворенное в воде золото, по крайней мере, в интервале содержаний 0,01–1000 г/т. Глинистые осадки шельфа, обогащенные ОВ, по мнению Е.М.Пашковой [7], — наиболее благоприятны для формирования конседиментационной золотонности.

Изучая донные осадки Восточно-Сибирского моря, Э.И.Фишер [11] установил, что золото ассоциируется с гумусовыми соединениями — гуминовыми и фульвокислотами (табл. 2).

Аналогичные результаты получены Е.М.Пашковой [7], причем ею выявлены следующие факты:

золото входит в состав гуминовых кислот морских осадков вне зависимости от климатических условий их формирования;

концентрация золота в гуминовых кислотах в 2,2–10,8 раз превышает его концентрацию в исходном осадке;

золото входит в состав «ядерной» части макромолекулы гуминовой кислоты, причем его концентрация прямо пропорциональна содержанию алифатических соединений и обратно пропорциональна содержанию ароматических;

наилучшим концентратором золота являются гуминовые кислоты сапропелевого ряда.

Г.М.Варшал показал, что комплексобразование золота с ОВ гумусовой природы представляет собой важнейший механизм концентрирования золота в морских осадках [1]. В процессе литогенеза гумусовое вещество претерпевает значительные изменения. В диагенетический этап происходит трансформация белков, жиров и углеводов планктона с образованием гуминовых и фульвокислот. В результате трансформации ОВ и сульфат-редукции расходуется 30–32% исходного материала. Именно гуминовым и фульвокислотам принадлежит главная роль в сорбции золота из морской воды.

Малые скорости осадконакопления в лагунах обуславливают длительность диагенетических процессов в осадке, что благоприятствует трансформации ОВ в гуминовые и фульвокислоты. Длительные сроки контакта придонной массы воды с донными осадками способствуют сорбции золота из морской воды гумусовыми кислотами.

Кроме сорбции на органическом веществе, в качестве процессов, ведущих к связыванию золота в осадках, можно рассматривать коагуляцию коллоидных растворов за счет вариации солёности в частично изолированном бассейне. Гравитационное золото осаждается при падении скорости речного потока в его устьевой части и может переотлагаться на значительном расстоянии за счет мелководности бассейна и перемещения осадков в волноприбойной зоне. На возможность образования россыпей указывают данные Г.Ю.Акимова (2004), выявившего зоны концентрации титаномагнетита при документации скважин на месторождении Малый Тарын.

Итак, в пределах центральной части Яно-Колымской металлогенической провинции осадки верхоянского комплекса накапливались в прибрежно-морских мелководных условиях.

Первичная концентрация золота и высокая золотосодержательность территории обусловлены специфическими лагунными условиями осадконакопления, что проявлено в фациальных особенностях строения рудовмещающих пород.

Перспективны для выявления месторождений золота — глинистые толщи, обогащенные органическим веществом и накапливавшиеся в условиях прибрежных полуизолированных морских бассейнов, а также фациально замещающие или перекрывающие их горизонты-коллекторы.

Авторы благодарны М.М.Константинову и С.Ф.Стружкову за поддержку и консультации при проведении исследований, А.А.Узюнкьяну и С.Г.Титову за помощь в полевых работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Баранова Н.Н. Взаимодействие золота с гумусовыми веществами природных вод, почв и пород // *Геохимия*. 1990. № 3. С. 316–327.
2. Константинов М.М. Золото в осадочных формациях. – М.: МЭЙЛЕР, 2009.
3. Механизмы концентрирования благородных металлов в терригенно-углеродистых отложениях / Н.П.Ермолаев, Н.А.Созинов, Р.П.Котина и др. – М.: Научный мир, 1999.
4. Оксман В.С. Тектоника коллизионного пояса Черского (Северо-Восток Азии). – М.: ГЕОС, 2000.
5. Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойд Северо-Востока Азии. – Новосибирск: Наука, 1984.
6. Парфенов Л.М. Террейны и история формирования мезозойских орогенных поясов Восточной Якутии // *Тихоокеанская геология*. 1995. Т. 14. № 6. С. 32–43.
7. Пашкова Е.А., Данилова Е.А., Василевская Н.А. Роль гуминовых кислот в формировании сингенетичной золотосодержательности морских осадочных углеродистых толщ // *Геохимия*. 1989. № 6. С. 798–805.
8. Потенциал золотосодержательности Яно-Колымской провинции / Б.К.Михайлов, С.Ф.Стружков, В.В.Аристов и др. // *Руды и металлы*. 2007. № 5. С. 4–17.
9. Прокопьев А.В., Тронин А.В. Седиментологические и структурные особенности зоны сочленения Кулар-Нерского пояса и Инъяли-Дебинского синклинория // *Отечественная геология*. 2004. № 4. С. 49–56.
10. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)*. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.
11. Фишер Э.И., Фишер В.Л. Роль гумусовых кислот в процессах сорбции золота морскими осадками // *Литология и полезные ископаемые*. 1984. № 5. С. 77–82.
12. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. Учеб. пособие. – М.: ЭСЛАН, 2008.
13. Westermann G.E.G. Succession and Variation of Monotis and the Associated Fauna in the Norian Pine River Bridge Section, British Columbia (Triassic, Pelecypoda) // *J. of Paleontology*. 1962. Vol. 36. №. 4. P. 745–792.

УДК 553.441.439 (574)

© М.С.Рафаилович, 2011

КРУПНОТОННАЖНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ КАЗАХСТАНА

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

Рассматриваются геологическая и структурная позиции, морфологические и минералого-геохимические особенности крупнотоннажных месторождений золота и цветных металлов Казахстана и соседних регионов.

Ключевые слова: крупнотоннажные месторождения, минерально-сырьевая база, геолого-промышленный тип, штокверки, скарны, порфириновые месторождения, колчеданные месторождения, минеральные и геохимические ассоциации, промышленные запасы.

Рафаилович Михаил Сергеевич, rafail@nets.kz

LOW-GRADE HIGH-TONNAGE GOLD AND BASE METAL DEPOSITS OF KAZAKHSTAN

M.S.Rafailovich

The geological and structural setting, mineralogical and geochemical features of large-tonnage gold and non-ferrous metals deposits of Kazakhstan and adjacent regions are considered.

Key words: large-tonnage deposits, mineral-raw-material base, geological-commercial type, stockworks, scarns, porphyry deposits, massive sulfide deposits, mineralogical and geochemical associations, commercial reserves.

Крупнотоннажные месторождения (КТМ) — большеобъемные скопления минерального вещества в геологических недрах, по количеству, качеству и морфологическим особенностям пригодные для промышленного освоения. Параметры рудных залежей КТМ: длина и вертикальный размах от сотен метров до 1,0–2,0 км, иногда более, мощности от десятков метров до многих сотен метров. В условиях современной конъюнктуры это месторождения-лидеры, объекты высшего уровня приоритетности.

Казахстан и сопредельные регионы Центральной Азии — геологический полигон с разнообразием типов КТМ. В настоящей статье КТМ рассматриваются в координатах средних содержаний Au и Cu — химических элементов, обладающих исключительно близким геохимическим сродством (неограниченная растворимость в жидком и твердом состояниях, высокая склонность к самородности, сопоставимые значения многих физико-химических параметров). Тесная ассоциативность Au и Cu в рудообразующих процессах и их устойчивые минеральные парагенезисы в широком спектре месторождений, включая многие разновидности КТМ, общеизвестны. Объектом внимания явились очень крупные, крупные и средние Au, Au-Cu и золото-полиметаллические месторождения штокверкового, скарнового, порфирикового и колчеданного типов. Золоторудные гиганты в черносланцевых толщах, освещенные ранее [9, 10], не обсуждаются.

Для КТМ приняты следующие диапазоны средних содержаний Au и Cu (соответственно в г/т

и %): *предельно низкие* — Au 0,01–0,05, Cu 0,01–0,05; *очень низкие* — Au 0,06–0,4, Cu 0,1–0,4; *низкие* — Au 0,5–1,0, Cu 0,4–1,0; *средние* — Au 1,0–5,0, Cu 1,0–3,0; *средние-высокие* — Au >5,0, Cu 3,0–5,0. На основании геолого-промышленной систематизации месторождений и изменчивости содержаний элементов в Центрально-Азиатском регионе можно выделить восемь самостоятельных групп КТМ: I — золоторудные кварц-сульфидные штокверки с низкими и средними содержаниями Au 2,0–5,0 г/т и предельно низкими Cu 0,01–0,05%; II — золотоносные кварц-сульфидные штокверки с низкими содержаниями Au 0,8–2,0 г/т и Cu 0,05–0,2%; III — медно-порфириковые месторождения с предельно низкими концентрациями Au 0,01–0,05 г/т и низкими Cu 0,38–0,60%; IV — золото-медно-порфириковые месторождения с очень низкими содержаниями Au 0,1–0,4 г/т и низкими-средними Cu 0,4–1,5%; V — золото-медно-порфириковые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4–2,0 г/т и Cu 0,4–1,4%; VI — золото-колчеданно-полиметаллические месторождения с повышенными содержаниями Au 0,6–5,0 г/т и очень низкими и низкими Cu 0,1–0,6%; VII — золото-колчеданно-полиметаллические и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4–3,0 г/т и средними и высокими Cu 1,5–5,0%; VIII — золото-медно-скарновые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,5–3,0 г/т и Cu 0,5–2,0% (рис. 1). Ниже кратко охарактеризованы наиболее выразительные КТМ.

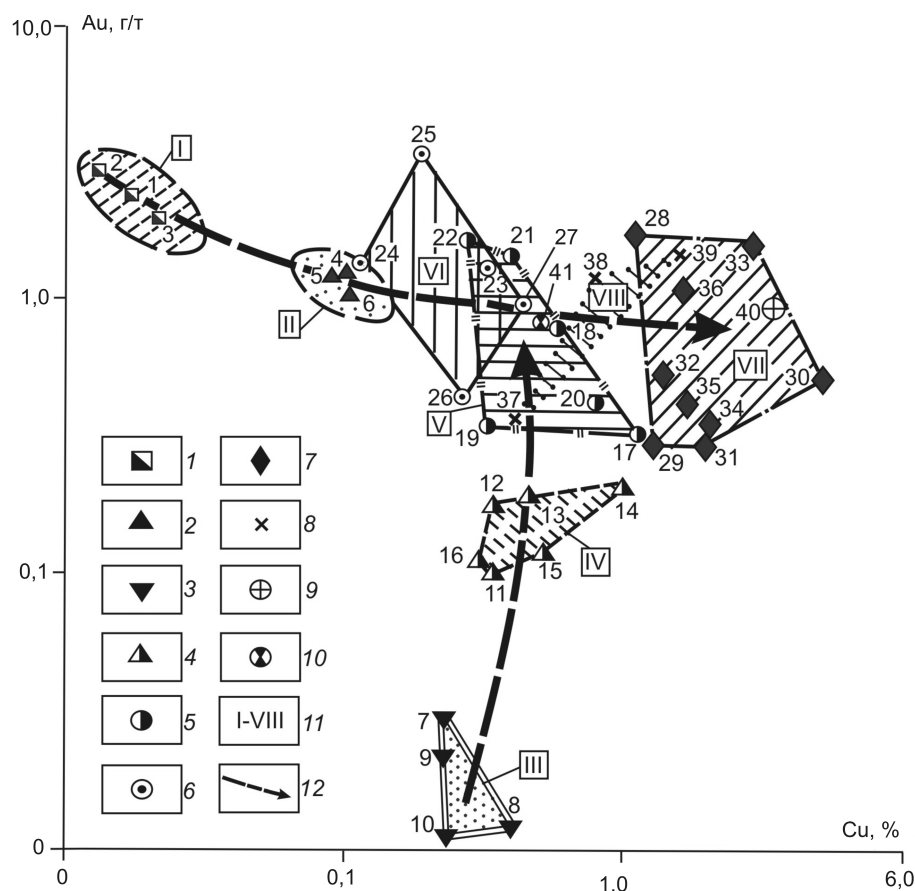


Рис. 1. Крупнотоннажные месторождения золота и цветных металлов Казахстана и сопредельных регионов в координатах средних содержаний Au и Cu, составлено с использованием материалов [2, 6, 7, 10, 11, 14, 15]:

I — золоторудные кварц-сульфидные штокверки с низкими и средними содержаниями Au 2,0–5,0 г/т и предельно низкими Cu 0,01–0,05%: 1 — Васильковское, 2 — Джилао (Таджикистан), 3 — Джеруй (Кыргызстан); 2 — золотосодержащие кварц-сульфидные штокверки с низкими содержаниями Au 0,8–2,0 г/т и Cu 0,05–0,2%: 4 — Когалдыр, 5 — Секисовское, 6 — Райгородок; 3 — медно-порфировые месторождения с предельно низкими концентрациями Au 0,01–0,05 г/т и низкими Cu 0,38–0,60%: 7 — Кзылкия, 8 — Коунрад, 9 — Актогай, 10 — Айдарлы; 4 — золото-медно-порфировые месторождения с очень низкими содержаниями Au 0,1–0,4 г/т и низкими-средними Cu 0,4–1,5%: 11 — Коксай, 12 — Бозшаколь, 13 — Бенкала, 14 — Ой-Толгой (Монголия), 15 — Туву (Северо-Западный Китай), 16 — Дуобаошан (Северо-Западный Китай); 5 — золото-медно-порфировые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4–2,0 г/т и Cu 0,4–1,4%: 17 — Нурказган, 18 — Коктасжал, 19 — Кальмакыр-Дальнее (Узбекистан), 20 — Хармагтай (Монголия), 21 — Андаш (Кыргызстан), 22 — Юбилейное; 6 — золото-колчеданно-полиметаллические месторождения с повышенными содержаниями Au 0,6–5,0 г/т и очень низкими и низкими Cu 0,1–0,6%: 23 — Риддер-Сокольное, 24 — Новоленинское, 25 — Долинное, 26 — Зырянское, 27 — Тишинское; 7 — золото-колчеданно-полиметаллические и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4–3,0 г/т и средними и высокими Cu 1,5–5,0%: 28 — Майкаин, 29 — Лиманное, 30 — Орловское, 31 — Николаевское, 32 — Акбастау, 33 — Кусмурун, 34 — Малеевское, 35 — Иртышское, 36 — Артемьевское; 8 — золото-медно-скарновые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,5–3,0 г/т и Cu 0,5–2,0%: 37 — Куру-Тегерек (Кыргызстан), 38 — Саяк IV, 39 — Хантауское; 9 — золото-медно-кварц-карбонатные полиформационные месторождения (руды колчеданного, порфирового и жильного типов) с низкими-средними содержаниями Au 0,8 г/т и высокими Cu 3,0–4,0%: 40 — Шатырколь; 10 — золото-медные полиформационные месторождения (руды колчеданного, порфирового и жильного типов) со средними содержаниями Au 1,0–2,0 г/т и низкими Cu 0,6–0,7%: 41 — Варваринское; 11 — группы КТМ I–VIII с различающимися соотношениями средних содержаний Au и Cu; 12 — векторы максимальной изменчивости содержаний Au и Cu

Золоторудные кварц-сульфидные штокверки с низкими и средними содержаниями Au 2,0–5,0 г/т и предельно низкими Cu 0,01–0,05%. Полные представители — крупные и очень крупные штокверки в интрузивных плутонах Васильковское в Казахстане, Джеруй в Кыргызстане, Джилао в Таджикистане. Объединяющие черты КТМ — образование на мезотермальных глубинах в коллизионную и постколлизионную стадии; морфо-структурные узлы сложного строения (шовные зоны, купола, кольцевые деформации, каркасы разломов, замыкания складок); аномальные геофизические поля (магнитное, силы тяжести, гаммоспектрометрия); многофазные интрузивы гранитоидов повышенной и высокой щелочности I-S-типа; дифференцированные дайковые комплексы с телами аплитов и пегматитов; метаморфизм вмещающих толщ (кварц-серицитовые и углеродистые сланцы, амфиболиты, гнейсы, скарноиды, роговики); единые гидротермальные изменения — калишпатизация, березитизация, пропилитизация, подчинены аргиллизация, альбитизация, хлоритизация; ведущая Au-As-Bi-Te-W-Mo-Cu-U специализация; несколько генераций

самородного золота (свободное в кварце, тонкодисперсное в сульфидах); специфические минералы-индикаторы (висмутин, тетрадимит, шеелит, арсенопирит, молибденит и др.); преимущественно изометричная в плане форма золоторудных штокверков; зональное строение штокверков — вверху жильные и жильно-прожилковые руды, на средних и нижних горизонтах прожилковые и вкрапленные [10].

Эталонное Васильковское месторождение расположено в Северном Казахстане на северо-восточной периферии Кокшетауского срединного массива — крупного блока метаморфических пород докембрия, подвергнувшегося в фанерозе интенсивной аккреции и гранитизации. Основные структурные элементы Васильковского рудного района: северо-восточное окончание Володаровско-Васильковской шовной зоны, пересечение региональных разломов северо-западного, северо-восточного и широтного направлений, Северо-Кокшетауская

эллипсоидная купольно-кольцевая структура размером 55×30 км, осложненная куполами второго порядка. Большая часть Васильковского района сложена вытянутым в северо-западном направлении Северо-Кокшетауским куполовидным позднеордовикским интрузивом зерендинского комплекса (габбро, габбро-диориты, диориты, гранодиориты, плагиограниты, монзониты). Характерны сложные фазово-фациальные переходы и частая перемежаемость пород, полосчатость, шлировые обособления, наличие мигматитов, ветвящиеся апофизы. Ранние интрузивные образования габ-

броидного ряда (габбро, габбро-диориты, диориты) характеризуются повышенной щелочностью с преобладанием Na над K, поздние кислые разности — пониженными значениями CaO, MgO, суммарного железа и Al₂O₃ при повышенной кремнекислотности, высоком содержании суммы щелочей (10–12%), резком преобладании K над Na. В гранодиоритах развита площадная калишпатизация с порфиробластами вторичного микроклина. Среди дайковых образований преобладают кислые породы — мелкозернистые граниты, аплитовидные граниты, пегматиты.

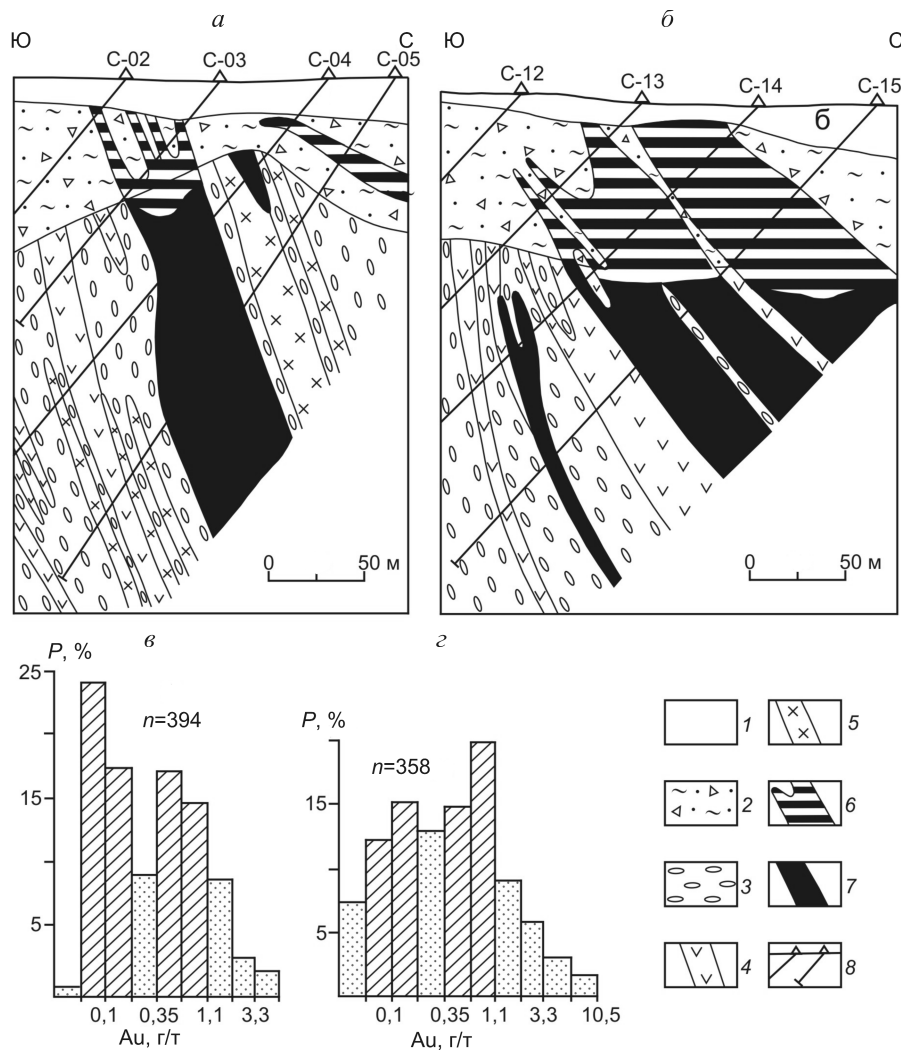


Рис. 2. Золото-сульфидно-кварцевое штокверковое месторождение Райгородок Северный. Геологические разрезы (а, б) и гистограммы распределения золота в минерализованных породах и рудах (в — профиль скважин 02–05, з — профиль скважин 12–15), составил М.С.Рафаилович по материалам компании Central Asia Goldfields:

1 — неоген-четвертичные глины; 2 — кора выветривания; 3 — конгломераты; дайки: 4 — андезитовых порфиритов, 5 — гранодиоритов, диоритов, диоритовых порфиритов; золоторудные тела: 6 — в коре выветривания, 7 — в коренном залегании; 8 — скважины; на гистограммах заштрихованы интервалы с наиболее часто встречающимися содержаниями золота; P, % — вероятность; n — число проб

Васильковское месторождение приурочено к контакту габбро-диоритов и диоритов с рогово-обманково-биотитовыми гранодиоритами и плагиогранитами. В плане золоторудный штокверк «вписывается» в равносторонний треугольник с длиной стороны 670 м, образованный тремя системами рудоконтролирующих трещинных зон: северо-западной Донгульгагашской 320°, северо-восточной Березовско-Васильковской 40–45° и Субмеридиональной 340–350°. В разрезе штокверк имеет форму виноградной кисти. Вертикальный размах до 1,0–1,5 км. Средние содержания Au 3–5 г/т. Более подробное описание Васильковского месторождения приведено в работе [10].

Золотоносные кварц-сульфидные штокверки с низкими содержаниями Au 0,8–2,0 г/т и Cu 0,05–0,2%. Штокверки данной группы Райгородок Северный, Когадыр, Секисовское по соотношению Au и Cu занимают промежуточное положение между КТМ первой и пятой групп. Это средние по запасам месторождения золота с линейной морфологией штокверков.

Месторождение Райгородок Северный, локализованное на стыке Кокшетауского террейна со Степнякской островной дугой, приурочено к узлу пересечения региональной Новоднепровской зоны разломов северо-восточного направления с опеляющими разноориентированными разрывами. Штокверки склоняются на север под углами 30–50° (рис. 2). Протяженность штокверков до 1,0 км, мощность до 60–100 м. Содержания Au 0,8–6,0 г/т, в маломощных (первые сантиметры) кварцевых жилках — десятки г/т, редко 100–300 г/т.

Рудовмещающими являются скарнированные нижнеордовикские конгломераты и гравелиты и ордовикско-силурийские дайки среднего состава. Метасоматические изменения пород — скарнирование, пропилитизация, кварц-серицитовый метасоматоз. Широко развиты поздние жильно-прожилковые образования — эпидот-цоизитовые, прениитовые, хлорит-карбонатные, альбит-кварцевые, кварцевые, кварц-карбонатные.

Главные рудные минералы — пирит, самородное золото, халькопирит, висмутин, подчиненные — арсенопирит, сфалерит, галенит, молибденит, петцит, пирротин, марказит, редкие — кобальтин, герсдорфит, линнеит-зигенит, кубанит, айкинит, станнин, богдановит, касситерит, шеелит, ковеллин, борнит, халькозин, буланжерит-джемсонит, антимонит, петцит, нагиагит, калаверит, сильванит, креннерит, гессит, алтаит, самородный висмут, самородное серебро, штернбергит, сульфосоли Bi [10].

Самородное золото локализовано в участках пропилитизации, калишпатизации, серицитизации

конгломератов, в серицитизированных интрузивных породах, кварцевых и кварц-карбонат-сульфидных жилках. Выделяются ранняя и поздняя генерации.

Раннее тонкодисперсное Au I (пылинки, оазисные скопления, тонкие зерна, жилки, кристаллы) сконцентрировано в пирите и халькопирите. Размер его выделений от первых мкм до 30–40 мкм; при дроблении и перекристаллизации сульфидов Au I укрупняется до 100–120 мкм. Золото высокопробное (900–912‰), яркой желтой окраски, ассоциирует с висмутином, арсенопиритом, молибденитом. Это подчиненное Au (не более 15–20%).

Вторая, поздняя, генерация Au II определяет баланс благородного металла. Размер выделений от первых мкм до 150–200 мкм; минерал имеет пониженную пробность (840–873‰), желтую окраску с серым или зеленоватым оттенками. Формы Au II — интерстициальные, округлые, угловатые, прожилковые, губчатые, пылевидные, субкристаллические. Золотины располагаются в межзерновых пространствах и трещинках в кварце и в нерудном агрегате пропицитов и серицитолитов. Золото ассоциирует с минералами-индикаторами полиметаллической стадии — сфалеритом, галенитом, блеклыми рудами, джемсонитом-буланжеритом, теллуридами.

Золотосодержащие геохимические ассоциации — Au-As-Cu, Au-Bi, Au-Ag, Au-Pb-Zn, Au-Pb-As-Sb. Золото образует корреляционные связи с Cu, Ag, Bi, As, Sb и Pb.

Медно-порфиновые месторождения с предельно низкими концентрациями Au 0,01–0,05 г/т и низкими Cu 0,38–0,60%. Крупные рудные объекты Коунрад, Актогай, Айдарлы каменноугольного возраста развиты в Северном Прибалхашье в центральной части Прибалхашско-Илийского вулканоплутонического пояса (ВПП) [6, 7]. Классификационно-признаковая модель этих месторождений, как и большинства медно-порфиновых систем, включает, по [4], следующие элементы: вмещающая рама; породы рудоносной плутоногенной магматической формации (Токрауский и Колдарский дифференцированные плутоны); порфиновые образования; брекчиевые тела, надстраивающие порфиновые штоки; метасоматиты, подчиненные порфировым телам; рудоносные штокверковые трещинные системы, конформные порфировым интрузивам; пиритовые ореолы; сопутствующая Pb-Zn, Cu-B, Cu-As и иная минерализация. Объект Коунрад и месторождения Актогайского поля (Актогай, Айдарлы, Кзылкия) сходны по многим параметрам.

Месторождение Актогай выполняет мульду размером 4,5×3,0 км, сложенную верхнепалеозой-

скими вулканогенно-осадочными породами (андезиты, дациты, риолиты, их туфы, туфолавы, песчаники, алевролиты) и Колдарским позднекаменноугольным массивом диорит-гранодиоритов. Рудный штокверк Актогая — эллиптический конус, выклинивающийся на глубинах более 700–800 м в виде конформных струй различной мощности (рис. 3). Длина штокверка 2500 м, ширина 50–830 м. Наиболее протяженные рудоносные струи (подводящие каналы) осложнены разрывной тектоникой, малыми телами плагиогранит-порфиров, порфиroidных гранодиоритов, эксплозивных брекчий. Эксплозивные брекчии (ЭБ) сечением десятки метров до 100–150 м, протяженностью до 300–500 м развиваются по плагиогранит-порфирам, диорит-гранодиоритам, эффузивным породам. Форма ЭБ — трубчатая, пластинчатая, клиновидная, вертикальная протяженность до 400–600 м.

Основные рудные минералы — халькопирит, молибденит, пирит, магнетит, подчиненные — борнит, халькозин, сфалерит, галенит, блеклые руды и др. Максимумы отложения Cu и Mo совпадают. Содержание пирита повышается от центральной части штокверка (безрудное кварцевое ядро) к внешней зоне. Свинцово-цинковая минерализация локализована по периферии рудного тела. Средние содержания Cu 0,385%, Mo 0,008%, Ag 1,18 г/т, Au 0,034 г/т, Se 1,8 г/т. Примеси — Bi, Sn, Ni, Co.

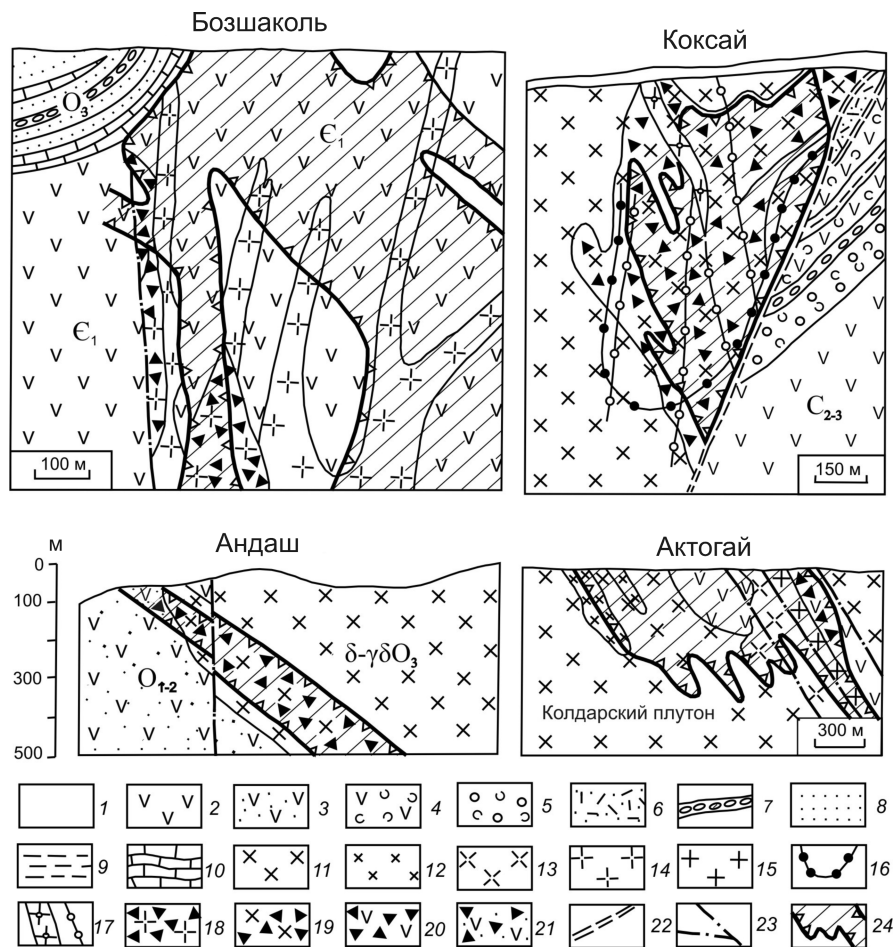


Рис. 3. Эксплозивные брекчии на золото-медно-порфировых месторождениях Бозшаколь, Андаш, Коксай, Актогай (геологические разрезы), по материалам Н.М.Жукова, А.И.Полетаева, Р.Д.Дженчураевой и др.:

1 — современные рыхлые отложения; 2 — вулканогенные отложения (Бозшаколь — андезито-базальтовые порфириды и их туфы, Коксай — андезиты, дациты, Актогай — андезиты, дациты, риолиты и их туфы); 3 — вулканогенно-терригенные породы (андезиты, песчаники Андаша); 4 — туфы смешанного состава; 5 — туфоконгломераты; 6 — игнимбриты, туфы, туфобрекчии риолито-дацитов; 7 — прослои конгломератов; 8 — песчаники; 9 — углисто-глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, туфопесчаники (Коксай); 10 — известняки; 11 — плутоны диорит-гранодиорит-плагиогранитового ряда (Андашский — диориты, гранодиориты, Коксайский — кварцевые диориты, диориты, гранодиориты, тоналиты, плагиограниты, Колдарский — диориты, кварцевые диориты, гранодиориты); 12 — мелкозернистые порфиroidные диориты (Актогай); 13 — рудоконтролирующие гранодиориты, плагиогранит-порфиры Актогая; 14 — рудоконтролирующие плагиогранит-порфиры Бозшаколя; 15 — порфиroidные гранодиориты Актогая; дайки Кокса: 16 — диабазов и диабазовых порфиroidов, 17 — «красных» плагиогранит-порфиroidов; 18 — по плагиогранит-порфиroidам Бозшаколя, 19 — по диорит-гранодиорит-плагиогранитам Андаша и Кокса, 20 — по вулканитам Бозшаколя и Актогая, 21 — по вулканогенно-терригенным породам Андаша; 22 — Коксайский разлом (зона смятия и милонитизации); 23 — разрывы второго и третьего порядков; 24 — рудоносные штокверки порфиroidного типа

Золото-медно-порфиroidные месторождения с очень низкими содержаниями Au 0,1–0,4 г/т и низкими–средними Cu 0,4–1,5%. Группа включает гигантское месторождение Ок-Толгой в Монголии, крупные месторождения Бозшаколь и

Коксай в Казахстане, Туву в Северо-Западном Китае и др. Геодинамические обстановки формирования месторождений — островные дуги и ВПП. Гигант Ок-Толгой (запасы Cu 32 млн. т, Au 1000 т, средние содержания Cu 1,16%, Au 0,35 г/т) охарактеризован в работе [14]. Рассмотрим казахстанские прототипы Бозшаколь и Коксай (см. рис. 3).

Au-Cu-Mo-порфировое месторождение Бозшаколь кембрийского возраста расположено в одноименной энсиматической дуге, в Бозшакольской антиклинали субширотного простирания [6, 7]. Площадь сложена андезитовыми, андезито-базальтовыми порфиритами и малыми штокообразными интрузивами плагиогранит-порфира. Поперечными нарушениями территория разбита на Восточный, Центральный, Западный и Дальне-Западный блоки. Суммарная длина рудной зоны 5,9 км при ширине 41–650 м и вертикальном размахе до 1000 м.

Важный поисковый критерий — тела эксплозивных брекчий. Они сопровождают сульфидное оруденение на Восточном, Центральном и Западном участках. На Восточном и Центральном участках развиты крупнообломочные ЭБ. Обломки эффузивных и интрузивных пород до нескольких метров в поперечнике сцементированы небольшим количеством мелкообломочного материала того же состава. Ветвящиеся тела брекчий сечением от 20–40 до 100–150 м, имеющие вертикальное падение, служили каналами поступления рудоносных гидротермалитов. На Западном участке обломки ЭБ сложены вулканитами среднего-основного состава, цемент — гранодиорит- и плагиогранит-порфирами криптозернистого строения. Интрузивные, вулканогенные и эксплозивные образования пропильтизированы (кварц, хлорит, гидробиотит, кальцит, пирит, магнетит, альбит, пренит, пумпеллит, эпидот, гематит, цеолит, сидерит, флюорит).

Главная залежь месторождения Бозшаколь имеет протяженность по простиранию до 2900 м, по падению до 650 м, мощность от первых метров-десятков метров до 285 м. Текстуры руд — вкрапленная, прожилково-вкрапленная, брекчиевая. Рудные минералы — пирит, халькопирит, магнетит, молибденит, сфалерит, реже — галенит, марказит, маггемит, мушкетовит, мартит, борнит, гематит, блеклая руда, пирротин, линнеит, висмутин, теллурувисмутид Pd, гессит, алтаит, сильванит, теллурувисмутит, самородное золото, электрум, самородное серебро. Нерудные — кварц, калиевый полевой шпат, биотит, хлорит, кальцит, серицит, флюорит, гипс, цеолиты. Средние содержания в рудах: Cu 0,72%, Mo 0,014%, Au 0,28 г/т, Ag 9,26 г/т, Se 3,8 г/т, Co 0,02%.

Месторождение Коксай расположено в Южно-Джунгарском сегменте Прибалхашско-Илийского ВПП [7]. В геологическом строении его участвуют гранитоиды одноименного интрузива и верхнепалеозойские вулканогенно-осадочные породы алтынэмельской свиты (см. рис. 3). Коксайский интрузив слагают габбро и габбро-диориты ранней фазы, диориты, кварцевые диориты, тоналиты, гранодиориты и плагиограниты основной фазы, биотит-кварцевые гранодиориты и плагиогранит-порфиры дополнительной фазы. Отмечаются дайки аплитов, пегматоидных гранитов, «красных» плагиогранит-порфира, диабазов, габбро-диабазов, диабазовых и диоритовых порфира. Интрузив отделяется от вмещающих туфопесчаников, туфов, андезитов, углисто-глинистых сланцев Коксайским разломом крутого 65–70° южного падения.

Гранитоиды основной фазы в зоне северного эндоконтакта интрузива прорваны «слепым» штоком гранодиорит-плагиогранит-порфира, дайками пестрого состава, эксплозивными брекчиями, образующими в совокупности рудоносную клиновидную фигуру субширотного простирания длиной до 2000 м, шириной 90–315 м. Острие клина залегает на глубинах 1000–1200 м. Эксплозивные брекчии состоят из угловатых и слегка окатанных обломков гранитоидов всех интрузивных фаз, мелких сколков вулканитов алтынэмельской свиты, кварц-хлоритовых сланцев и кварцитов. Обломки от долей сантиметров до 2,0–3,0 м сцементированы микробрекчиевым песчаным материалом.

Метасоматиты месторождения — калишпат-биотитовые и хлорит-серицит-кварцевые образования. Калишпат-биотитовому изменению подвержены гранитоиды основной и дополнительной фаз. Хлорит-серицит-кварцевые метасоматиты, распространенные в гранитоидах и брекчиях, повторяют контуры рудной минерализации. Текстуры руд — вкрапленная, прожилковая, полосчатая, прожилково-вкрапленная, брекчиевидная. Средние содержания Cu 0,52%, Mo 0,005%, Au 0,12 г/т, Ag 1,24 г/т, Se 3,5 г/т, Te 1,1 г/т. В повышенных концентрациях присутствуют Pb, Zn, Re, Bi, Sn, Ni, Co, Ti.

Золото-медно-порфировые месторождения с низкими-средними содержаниями Au 0,4–2,0 г/т и Cu 0,4–1,4%. Примеры КТМ — гигантское Каль-макыр-Дальнее в Узбекистане, крупное Нурказган в Казахстане, среднее Андаш в Кыргызстане и др. (рис. 4; см. рис. 3). Геодинамические обстановки формирования — краевые ВПП девонского и позднепалеозойского возрастов, разновозрастные островодужные системы (ордовикские, девонские, позднепалеозойские).

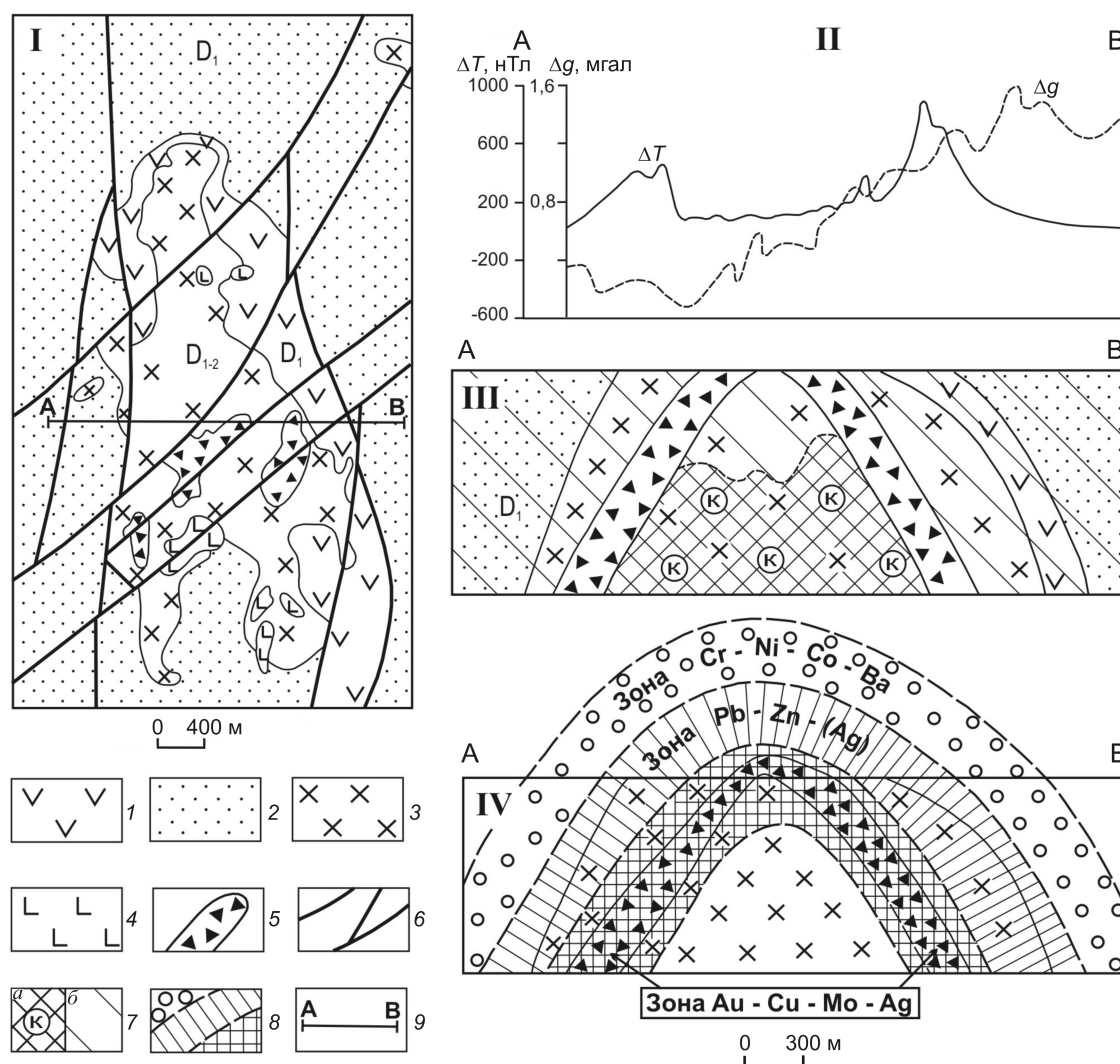


Рис. 4. Золото-медно-порфировое месторождение Нурказган в Центральном Казахстане. Геологическая схема (I), геофизический профиль (II), геологический разрез (III) и модель геохимической зональности (IV), по материалам М.С.Гранкина, Е.Г.Мальченко, А.И.Полетаева и др.:

1 — агломераты, туфы, лавобрекчии андезито-базальтов с субвулканическими телами андезибазальт-порфиров, D_1 ; 2 — песчаники, конгломераты, алевролиты, D_1 ; 3 — Тюлькулинский интрузив диоритов, гранодиоритов, гранодиорит-порфиров, монзонитов; 4 — штоки габбро-диоритов, габбро-норитов; 5 — рудоносные гидротермально-эксплозивные брекчии; 6 — разломы; 7 — метасоматиты (а — калишпатиты, б — пирит-кварц-серицитовые породы); 8 — геохимические зоны (в геологическом разрезе); 9 — линия геологического разреза

Гигантское месторождение *Кальмакыр-Дальнее* (ресурсы $\text{Cu} > 20$ млн. т, $\text{Au} > 2500$ т, средние содержания Cu 0,5%, Mo 0,005%, Au 0,5–0,6 г/т, Ag 2,6 г/т) находится в краевом Бельтау-Кураминском позднепалеозойском вулканоплутоническом поясе (Узбекистан). Метасоматическая модель характеризуется сменой зон гидротермальных изменений от центра порфирового интрузива к периферии: кварцевая → кварц-биотит-калишпатовая → кварц-серицитовая (филлизитовая) → пропилитовая [3, 4]. Аргиллизиты фрагментарно проявлены

на верхнем горизонте на границе филлизитов и пропилитов. Пропилиты в верхней части разреза обогащены альбитом, хлоритом, эпидотом, карбонатом, местами алунитом, в нижней — актинолитом, ортоклазом, биотитом.

Минеральный состав руд *Кальмакыра*: ангидрит, молибденит, кварц, халькопирит, магнетит, пирит, карбонаты, полисульфидный парагенезис (халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды) с самородным Au и теллуридами Au и Ag , гематит, цеолиты, барит. Надрудно-верхнерудная ассоциация

ция элементов — As, Pb, Sb, Bi, Ag и Au. Золото образует более широкие эндогенные ореолы, чем Cu и Mo, являясь индикатором скрытого Cu-Mo оруденения. От верхних горизонтов к нижним, по И.М.Голованову, уменьшаются Cu/Mo и Au/Mo, содержания Pb в халькопирите (от 0,6 до 0,1%) и пирите (от 0,3 до 0,05%). В халькопирите с глубиной увеличиваются концентрации Mo (от 200 до 600 г/т) и Se (от 40 до 100 г/т), в пирите — Se (от 40 до 80 г/т), Bi (от 30 до 108 г/т), Te (от 3 до 10 г/т). Описание прогнозно-поисковой модели Кальмакыра приводится в работе [3].

Месторождение Нурказган располагается в широтной ветви Центрально-Казахстанского девонского вулканоплутонического пояса, в Тюлькулинской вулканоструктуре на пересечении субмеридионального Тюлькулинского глубинного разлома с разрывами северо-восточного направления (см. рис. 4). В геологическом строении месторождения, по М.С.Гранкину, Е.Г.Мальченко, В.И.Серых, участвуют нижнедевонские породы терригенно-вулканогенной шешенкаринской свиты, прорванные Тюлькулинским плутоном. Интрузив меридионального направления имеет протяженность 5 км при ширине от первых сотен метров на северном и южном флангах до 2 км в центральной части. В нем развиты породы двух комплексов: преобладающего известково-щелочного раннедевонского карамендинского (кварцевые диориты, гранодиориты, гранодиорит-порфиры с дайками диабазов, кварцевых диорит-порфиров, гранодиорит-порфиров, плагиогранит-порфиров) и подчиненного субщелочного среднедевонского коккудуктюбинского (монцититы, кварцевые монцититы, граносиениты).

Месторождение отмечается аномальным магнитным полем (магнетит, пирротин, пирит), образующим кольцевую структуру размером $1,3 \times 1,5$ км со значениями ΔT в ядерной части до 100–200 нТл и повышениями до 400–800 нТл в периферийной зоне. Площадь картируется пониженными значениями поля силы тяжести Δg .

Главный рудоконтролирующий и рудоносный элемент Нурказгана — минерализованные взрывные брекчии округлой, трубообразной, неправильной форм размерами $(500-900) \times (250-300)$ м. Они прорывают гранитоиды карамендинского комплекса в зонах разломов северо-восточного направления. Центральная и Восточная взрывные трубки склоняются соответственно на запад и восток под углами 60–65°, образуя характерную структуру «колокола». Ширина Центральной трубки до 500 м. Обломки в брекчиях представлены порфировидными диоритами, гранодиоритами и гранодио-

рит-порфирами; размер обломков 1–10 см, редко до 1,0 м, очень редко это глыбы 1–10 м и более. Цемент мелкобрекчиевый, мелкозернистый, диорит-гранодиоритового состава. Рудные и вторичные нерудные минералы развиваются по обломкам и цементу. Мелкие обломки и перетертый материал, почти нацело замещенные серицитом, хлоритом, кварцем, калишпатом, содержат богатую минерализацию (Cu до первых процентов, Au 1,0 г/т и более). Крупные обломки и глыбы представляют бедную руду (Cu 0,3–0,7%, Au 0,1–0,3 г/т). Рудные штокверки повторяют форму вмещающих брекчий.

Надежный поисковый критерий — гидротермалиты длительного формирования [10, 12]. В связи с вулканизмом шешенкаринского времени образовались тела вторичных кварцитов с примесью алуниита. На поверхности, в гранитоидах центральной части Нурказгана, расположены пирит-кварц-серицитовые (местами с каолинитом) метасоматиты. По периферии развит эпидот-хлорит-альбитовый парагенезис. На флангах, в нижнедевонских вулканогенно-терригенных породах, преобладают глинисто-серицитовые изменения. На средних и глубоких горизонтах проявлены серицит-хлорит-калишпатовая (с пиритом, халькопиритом, карбонатами, иногда с ангидритом, спекуляритом) и калишпатитовая (ортотлаз, микроклин, кварц) с серицитом, альбитом, ангидритом, борнитом, халькопиритом, пиритом, спекуляритом гидротермальные зоны. Апикальные части брекчиевых тел обогащены турмалином. В изученном фрагменте месторождения (от поверхности до глубины 1000 м) преобладают пирит-кварц-хлорит-серицитовый (филлизитовый) и калишпатитовый парагенезисы. Они «перекрывают» минерализованные эксплозии, распространяясь за их пределы: калишпатиты — глубоко во внутреннюю безрудную часть «колокола», филлизиты во внешнюю область.

Выделяются два типа руд (в скобках средние содержания): золото-молибдено-медный (Cu 1,0–1,4%, Au 0,55 г/т, Mo 0,01%, Ag 2,4 г/т) и золото-полиметаллический (Au от 0,1 до 7–8 г/т, Ag до 30 г/т, Pb 1,0–1,2%, Zn 2,0%, Cu 0,5–0,6%). Основные запасы первого типа сконцентрированы в центральной части Тюлькулинского интрузива. Золото-полиметаллическая минерализация размещается во внешней части рудно-магматической системы в кварц-хлорит-серицитовых метасоматитах. Минеральный состав и геохимические особенности руд Нурказгана рассмотрены в работах [8, 10, 12, 13].

Золото-колчеданно-полиметаллические месторождения с повышенными содержаниями Au 0,6–5,0 г/т и очень низкими и низкими

Cu 0,1–0,6%. Район концентрации КТМ — энсимальная Рудно-Алтайская островодужная система (Риддер-Сокольное, Новоленинское, Долинное, Тишинское, Зыряновское). По [5], месторождения этой группы с высокой долей Pb, Au, Ag, Ba локализуются в породах особой петрохимической специализации — в существенно калиевых базальтсодержащих нижне-среднедевонских риолитово-кремнисто-карбонатно-терригенных толщах. Рудные залежи имеют пласто-, линзо-, штоко-, столбообразную, амебо- и гнездовидную формы. Гидротермальные изменения пород — окварцевание, серицитизация, баритизация, карбонатизация, хлоритизация, пиритизация. Параметры рудных тел: длина по простиранию и падению сотни метров и более (до 800–1200 м), мощности — десятки–сотни метров. Золотоносные минеральные ассоциации — колчеданные пирит-халькопирит-сфалеритовая, галенит-сфалеритовая, барит-полиметаллическая, жильные — кварц-сульфидная.

Эталон мирового уровня — *Риддер-Сокольное месторождение* — находится в Лениногорском рудном поле на пересечении Северо-Восточной зоны смятия с разломами субширотного направления. Месторождение сложено алевролитами, алевропелитами, вулканомиктовыми песчаниками, гравелитами, туфопесчаниками, туффитами, туфами, лавами, известняками. Распространены субвулканические и экструзивные тела кислого состава и взрывные брекчии. Околорудные образования — кварциты, серицитовые, кварц-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые и кварц-баритовые метасоматиты.

Стадии минерало- и рудообразования: дорудная гидротермально-метасоматическая и рудные Zn-Cu-колчеданная, полиметаллическая и Ba-Pb-Zn. Минеральный состав и геохимические особенности месторождения рассмотрены в многочисленных публикациях. Подчеркнем важную роль золота в рудах (Х.А.Беспяев, Г.Д.Ганженко, З.И.Темитбулатова и др.).

Золото отлагалось в течение всего рудообразующего этапа. При формировании гидротермально измененных пород оно локализовалось в ранних пирите и арсенопирите. В гидротермалитах содержания Au 0,1–первые г/т.

В колчеданно-полиметаллических телах верхней части рудоносной колонны (Au первые г/т) развиты ассоциации: кальцит-серицит-кварц-сфалерит-галенит-золото-блеклорудная, кварц-барит-кальцит-галенит-золото-халькопиритовая, серицит-доломит-кварц-сфалерит-галенит-халькопирит-пирит-золотая.

Руды нижнего медно-цинкового уровня включают золотоносные кварц-пирит-халькопиритовую, халькопирит-сфалеритовую и галенит-сфалеритовую ассоциации (Au первые г/т, реже десятки г/т). Золото ассоциирует с халькопиритом и кварцем.

Самые поздние золото-кварц-сульфидные жилы нижнего горизонта обогащены золотом до первых десятков г/т (максимально сотни г/т). Они содержат золото-кварц-халькопиритовую, золото-кварц-полиметаллическую и золото-кварцевую ассоциации. Высокопродуктивна золото-кварц-полиметаллическая ассоциация. Индикаторами золотой минерализации жильного типа служат теллуриды, сульфотеллуриды, сульфиды и сульфосоли Ag, Bi, Pb, Cu, Sb — гессит, тетрадимит, хедлейит, алексит, теллуротозеит, бурсаит, бурнонит (В.Л.Левин, П.Е.Котельников).

Золото образует следующие формы: свободную (преобладает), тонкодисперсную, сульфидную и теллуридную (петцит). Содержания Au в пирите, халькопирите, сфалерите и галените от первых граммов на 1 т до 200–400 г/т. Широко распространены субмикроскопические и тонкие выделения самородного золота в кварце и сульфидах (десятые доли–первые мкм, десятки мкм), очень редко встречаются мелкие (сотни мкм) и средние (1–2 мм) золотины. Преобладающий размер золотинок в жильном кварце 7–20 мкм, морфология — пылевидная, прожилковая, крючковатая, изометричная, октаэдрическая. Пробность Au 700–900, преобладают значения 800–900%. Главная примесь в самородном золоте — Ag (10–30%).

Золото-колчеданно-полиметаллические и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения с низкими–средними содержаниями Au 0,4–3,0 г/т, средними и высокими Cu 1,5–5,0%. Типичные колчеданные месторождения Рудного Алтая Орловское, Николаевское, Иртышское, Малеевское, Артемьевское, существенно обогащенные Cu и Zn, локализованы в породах девонской базальт-риолитовой кремнисто-терригенной натровой субформации [5]. В эту группу также входят колчеданно-полиметаллическое месторождение Майкаин (одноименная энсиматическая островная дуга), медно-цинково-колчеданные месторождения Акбастау и Кусмурун в Чингиз-Тарбагатае, Лиманное в Мугоджарах. Морфология рудных тел — линзовидные и пластообразные залежи, изометричные тела и утолщенные пластины «сундучной», штокообразной, седловидной, неправильной форм. Протяженность рудных тел сотни метров, вертикальных размахов сотни метров–1,0 км и более, средние мощности десятки метров, иногда первые сотни метров. Гидротермальные изменения

пород — окварцевание, серицитизация, баритизация, хлоритизация, на некоторых объектах алуинитизация, каолинитизация, адуляризация. Золотоносные минеральные ассоциации — пирит-халькопиритовая, пирит-халькопирит-сфалеритовая, галенит-сфалеритовая, барит-полиметаллическая. Минералы-спутники Au — пирит, халькопирит, полиметаллические сульфиды, арсенопирит, теннантит, энаргит, сульфиды и сульфосоли Ag, Sb, Bi. Средние содержания элементов в КТМ [2, 6]: Орловское — Cu 4,6, Zn 3,94, Pb 1,19%, Au 0,77, Ag 73,4 г/т; Николаевское — Cu 2,54, Zn 3,87, Pb 0,49%, Au 0,52, Ag 44,0 г/т; Иртышское — Cu 2,1, Zn 5,6, Pb 0,85%, Au 0,67, Ag 113,4 г/т; Малеевское — Cu 2,59, Zn 7,84, Pb 1,19%, Au 0,58, Ag 78,4 г/т; Артемьевское — Cu 2,06, Zn 6,19, Pb 1,87%, Au 1,31, Ag 116,0 г/т; Кусмурун — Cu 1,77, Zn 1,0, Pb 0,25%, Au 1,4, Ag 20,0 г/т; Лиманное — Cu 1,76, Zn 1,2, Pb до 0,2%, Au 0,8, Ag 13,2 г/т.

Золото-медно-скарновые месторождения с низкими–средними содержаниями Au 0,5–3,0 г/т и Cu 0,5–2,0%. Месторождения этой группы, широко распространенные на территории Центральной Азии, зарождаются и развиваются по очень близкому сценарию (А.Ф.Коробейников, Ю.Г.Щербачев, В.А.Вахрушев, Л.А.Мирошниченко, Р.Д.Дженчураева, М.С.Рафаилович и др.). На рис. 1 в координатах содержания Au–Cu показаны КТМ Куру-Тегерек (Кыргызстан), Саяк IV и Хантауское (Казахстан). Остановимся на слабо освещенном в литературе Хантауском золото-медно-железородном районе, расположенном в Южном Казахстане на территории Шу-Кендыктасского террейна. Рудный район протяженностью >40 км и шириной 5–10 км включает крупное месторождение Au, Cu и Fe Хантауское, потенциальное скарновое месторождение Дальнее, серию проявлений и ореолов Au, Cu, Ag, Pb, Mo, Ni, Co, U и других элементов.

Объект открыт в конце 80-х годов прошлого столетия Хантауской партией Казгеофизтреста в процессе глубинного геологического картирования Шу-Сарысуйской депрессии с использованием опережающих геофизических работ (С.И.Шевчук и др.). В рудном районе, перекрытом рыхлыми отложениями мощностью до 200–300 м, отмечены интенсивные градиенты поля силы тяжести и общее повышение изрезанного магнитного поля с локальными линейно вытянутыми или изометричными положительными аномалиями интенсивностью от 150–200 до 800–1000 нТл. Последние контролируют области развития гидротермальной проработки пород, оксидов железа (магнетит, гематит), сульфидной минерализации. Главная рудо-

контролирующая структура — региональная Кордай-Мойынкумская шовная зона северо-западного простирания и оперяющие ее полосы смятия и линейные разрывы. В зоне наблюдаются геофизические аномалии, офиолиты, тектонический меланж, катаклаз, рассланцевание, пневматогидротермальные изменения, протяженные до 25–30 км и широкие до 1–5 км эндогенные ореолы Au 0,01–0,1 г/т (максимально до первых г/т) и Cu 0,01–0,3%. Ширина зоны от 0,5 до 2–3 км, падение крутое 75–80° на северо-восток [11].

В геологическом строении месторождения Хантауское участвуют ордовикские эффузивы (андезиты, андезитовые и диабазовые порфириты, туффиты) и интрузивные породы О₃ кордай-шатыр-кольского комплекса (диориты, кварцевые диориты, монзониты, гранодиориты, плагiogраниты, граниты). Рудоносная шовная зона расположена на контакте диоритов с вулканогенными породами.

Магниторазведка в Хантауском районе — прямой метод поисков золото-медно-железородных месторождений. По результатам наземной съемки м-ба 1:10 000 была выявлена группа магнитных аномалий, в том числе аномалия Хантауского месторождения протяженностью 5 км, шириной 0,8–1,5 км, интенсивностью от 130 до 1000 нТл. Под чехлом рыхлых отложений мощностью 200–220 м и более, в зоне смятия пород фундамента, локализованы золотоносные скарны гранат-пироксен-магнетитового состава, содержащие обильный халькопирит (до 50–60%). Рудные тела по геологическим и геофизическим данным имеют протяженность до 450–2000 м, мощность 65–100 м. Главное рудное тело имеет стволую мощность золото-медного интервала 88,0 м при средних содержаниях Au 1,62 г/т и Cu 0,94%. Стволовая мощность интервала с магнетитовой рудой 153,0 м, среднее содержание Fe 43,4% (рис. 5).

Минералы-индикаторы руд — магнетит, халькопирит и самородное золото, второстепенные минералы — мельниковит-марказит, марказит, пирит, сфалерит, галенит, кобальтин, никелин, сафлорит, раммельсбергит, герсдорфит, висмутин, редко встречающиеся — теллуриды Au и Ag (креннерит-калаверит), ульвошпинель, ильменит, рутил, миллерит, арсенопирит, молибденит, шеелит, витихенит, смальтин, тетрадимит, самородный висмут, самородное серебро, акантит, айкинит, аляскаит, касситерит. Главные нерудные минералы — пироксен 10–40%, гранат гроссуляр-андрадитового ряда 10–50%, актинолит 5–10%, второстепенные и редкие — скаполит, эпидот-цоизит, роговая обманка, калишпат, мусковит, биотит, хлорит, барит, гидрослюда.

Магнетит в рудном процессе занимает «гранзитное» положение (четыре морфогенетические разновидности). Количество его от первых процентов до 30–70%. Халькопирит образует пять разновидностей (от 1–2 до 50–60%). Золото в рудах присутствует в трех формах — примесной, самородной и в виде теллурида Au. Самородное золото — определяющая форма нахождения благородного металла. Его выделения размером первые мкм–десятки мкм, очень редко первые сотни мкм ассоциируют с халькопиритом, пиритом, марказитом, герсдорфитом, магнетитом, сфалеритом, борнитом, висмутином. Интерстициальные и прожилковые выделения раннего золота отмечаются в микрозонках дробления, развитых в пироксене, магнетите, халькопирите. Оно тесно связано с сульфидами гидротермально-метасоматического процесса — поздним халькопиритом, герсдорфитом, висмутином. Формы его кристаллические, изометричные и прожилковые. Кристаллическое золото (кубы) размером 30–40 мкм наблюдается в халькопирите. В скелетном пирите отмечено среди реликтов пирротина и халькопирита. Изометричные обособления золота и креннерит-калаверита размером 10–50 мкм встречаются в марказит-халькопиритовых агрегатах. В халькопирите по контакту с аляскитом обнаружено несколько обособлений креннерит-калаверита. В борните присутствуют выделения самородного золота 10×(30–50) мкм.

Геохимический спектр Хантау: Au, Cu, Fe, Ag, Ti, Co, Ni, Mn, V, Mg, Zn, Cd, As, Bi, Mo, W, Sn, Te, Ba, Sr, Sb и др. Промышленный интерес представляют (в скобках среднее и максимальное содержания): Au (1,6 и 32,9 г/т), Cu (0,94 и 4,71%), Fe (43,4

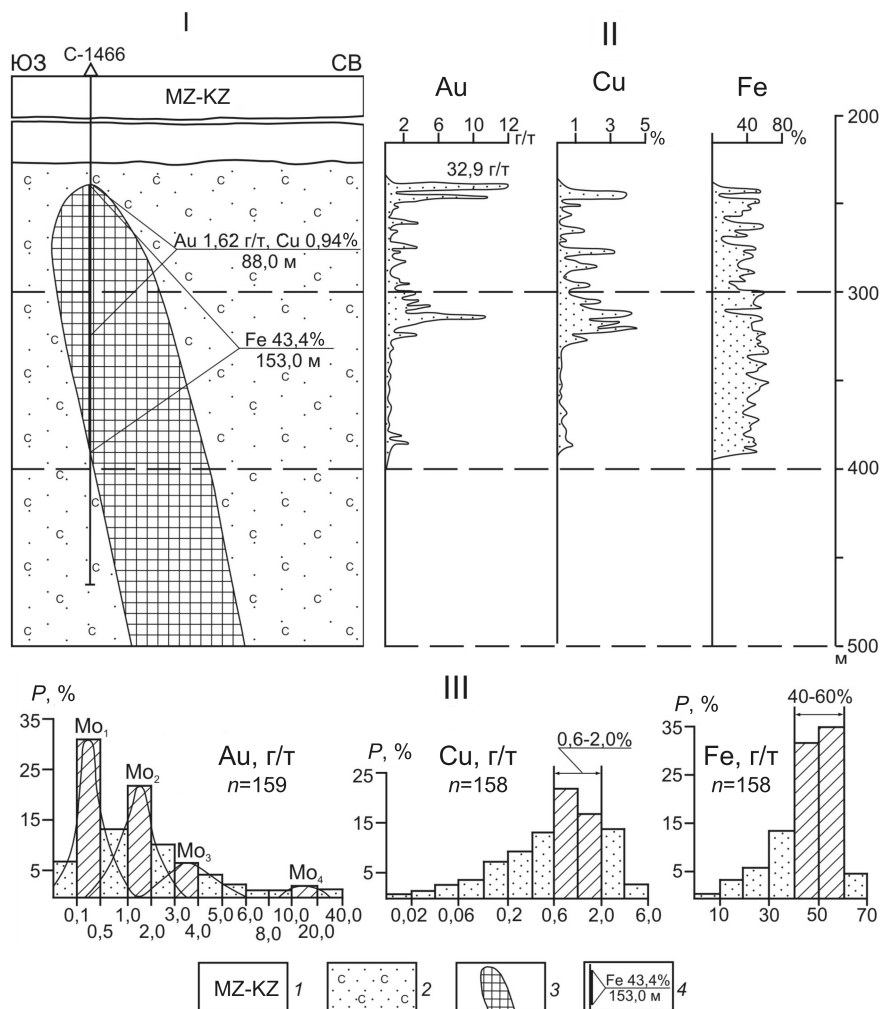


Рис. 5. Главное рудное тело Хантауского месторождения. Геологический разрез (I), распределение Au, Cu и Fe в скв. C-1466 (II), гистограммы содержаний Au, Cu и Fe (III), по С.И.Шевчуку, М.С.Рафаиловичу.

1 — мезокайнозойский рыхлый чехол; 2 — гранат-пироксеновые скарны; 3 — контур рудного тела; 4 — параметры оруденения (в числителе — средние содержания полезных компонентов, в знаменателе — ствольная мощность); P, % — вероятность; n — число проб

и 65,1%), Ag (3,0–6,0 и 25,0 г/т). Cu, Fe и Ag имеют мономодальное распределение с наиболее часто встречающимися концентрациями Cu 0,6–2,0%, Fe 40–60%, Ag 1,2–10,0 г/т. Для Au характерны четыре элементарных распределения с модами, г/т: 0,1–0,5, 1,0–2,0, 3,0–4,0, 10–20. Железо относительно равномерно распределено на всю мощность скарнорудного тела. Медью и золотом обогащены осевая зона и висячий бок [10, 11].

Крупнотоннажные месторождения золота и цветных металлов Казахстана и соседних регионов слагают три разноглубинные фации: апикальную (0,0–1,5 км), ствольную (1,5–3,0 км) и корневую (2,5–4,0 км). В апикальной фации они представле-

ны вулканогенными месторождениями колчеданного семейства, стволковой — медно-порфировыми и золото-медно-порфировыми месторождениями, корневой — золоторудными штокверками и золото-медными скарнами.

Рассматриваемые месторождения обнаруживают тесные связи с региональными сутурами и внутриплитными шовными зонами. С зоной Главного Уральского разлома сопряжены золото-медно-порфировые и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения Юбилейное, Лиманное, с Кордайско-Мойынкумской шовной зоной — золото-медно-железородное скарновое Хантауское, золотоносное штокверковое Когадыр, с Володаровско-Васильковской зоной — гигантский золотоносный штокверк Васильковское, с Северо-Балхашской сутурой — медно-порфировое месторождение Коунрад, с Рудно-Алтайской, Иртышской, Карагандинской, Майкаинской, Абралинской сутурами и зонами смятия — золотоносные колчеданно-полиметаллические и медно-цинково-колчеданные месторождения Риддер-Сокольное, Новоленинское, Зырянское, Иртышское, Орловское, Николаевское, Нурказган, Акбастау, Кусмурун и др. Теснейшая ассоциация гигантских месторождений золота черносланцевого типа с указанным классом деформационных структур отмечена нами ранее [9, 10]. Тщательное изучение геологии, металлогении и рудного потенциала сутурных и шовных зон — путь к открытию новых КТМ.

В координатах содержаний Au и Cu выделяют два вектора (ряда) пространственной упорядоченности КТМ: с тенденцией нарастания средних содержаний Cu (группы I, II, VI–VIII — штокверки золота, золото-медные скарны, золото-колчеданно-полиметаллические и золото-медно-цинковые колчеданные месторождения) и с относительно выдержанными концентрациями Cu и значительной изменчивостью доли Au (группы III–V — порфировые месторождения). Первый ряд характеризует крупнотоннажное оруденение корневой и апикальной фаций, второй — КТМ стволковой фации. Снизу вверх по разрезу земной коры прослеживаются: смена геохимических типов КТМ (Au, Au-Cu, Au-Cu-Mo, Au-Cu-Zn, Au-Cu-Pb-Zn, Au-Cu-Pb-Zn-Ba-Ag), изменение состава гидротермалитов (биотитизированные породы, скарны, калишпатиты, березиты, филлизиты, аргиллизиты, барит- и адулярсодержащие метасоматиты, вторичные кварциты), морфоструктурная зональность оруденения (месторождения золота — изометричные, овальные, линейные штокверки; золото-медные скарны — пласты, линзы, тела сложной конфигурации; порфировые КТМ — штоки, столбы, конусы, воронки,

линзья; колчеданные месторождения — линзы, утолщенные пласты, межформационные залежи, тела изогнутой, куполовидной, амебообразной, «сундучной» форм). Заслуживает пристального внимания фациальная зональность скарновых, штокверковых и порфировых объектов, связанных с едиными интрузивными комплексами. Достаточно широко распространенные ассоциации скарновых месторождений с крупнотоннажными объектами штокверкового и порфирового типов (Саякский, Шуйско-Кедыктасский, Кокшетауский регионы в Казахстане, Алмалыкское поле в Узбекистане, Джилаоское поле в Таджикистане, золото-медный район Эртсберг в Новой Гвинее и др.) необходимо оценивать как единые поликомпонентные ансамбли.

Приоритетное направление — ревизия разрабатываемых и законсервированных месторождений с их переводом в более значимую экономическую категорию с относительно бедными рудами, но с увеличенными размерами и крупными запасами. Положительные примеры в Казахстане — перевод мелкого медно-порфирового месторождения Юбилейное в Мугоджарах в одноименный крупный золоторудный штокверк, мелкого медноколчеданного месторождения Варваринское (Таранское) в Жетыкайском районе в комбинированный тип с крупными запасами Au. Месторождение Васильковское в Кокшетауском регионе первоначально изучалось как мелкий жильный объект со средними и высокими содержаниями Au, позднее оно было трансформировано в гигант-штокверк мирового значения с низкими–средними содержаниями металла. Развитие этой тенденции укрепляет минерально-сырьевую базу, способствует ее воспроизводству и надежной защищенности.

Перспективы изучения и освоения КТМ колчеданного семейства Рудного Алтая освещены в материалах недавней Международной конференции [1]. Значителен потенциал Кокшетауского региона на открытия новых золоторудных штокверков васильковского типа (участки Туран, Орловское, Чаглинка, Ельгай). В Кендыктасе, в Кордай-Шатыркольском и Щербактинском районах, ожидаются дополнительные открытия скарновых и штокверковых месторождений.

В классе КТМ порфирового ряда первоочередного внимания заслуживают объекты бозшакольского, нурказганского и актогайско-коксайского типов. Руды Бозшаколя, наряду с традиционными компонентами (Cu, Mo, Au, Ag), представляют интерес как источник металлов платиновой группы (Pt, Pd, Os). Краевой девонский вулканоплутонический пояс перспективен на открытия новых месторождений нурказганского профиля. Весом ресурс

глубоких горизонтов месторождений Актогай, Айдарлы и Кзылкия. Заслуживают детальной оценки перспективные порфиновые рудопоявления Восточное, Промежуточное, Западное в Актогайском поле. Утвержденные крупные запасы руд Коксяя могут быть существенно усилены при оценке недостаточно изученных брекчиевых трубок (А.И.Полетаев, З.М.Нурбаев).

Следует еще раз подчеркнуть актуальность комплексного изучения и освоения крупнотоннажных месторождений.

За обсуждение проблемы благодарю Л.А.Мирошниченко, Х.А.Беспяева, Ю.С.Парилова, И.М.Голованова, Р.Селтманна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большой Алтай* — уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии // Мат-лы межд. конф. Усть-Каменогорск, 2010.
2. *Ганженко Г.Д.* Техногенные минерально-сырьевые ресурсы цветных и благородных металлов Восточного Казахстана. — Усть-Каменогорск, 1999.
3. *Голованов И.М., Николаева Е.И., Кажихин М.А.* Комплексная прогнозно-поисковая модель медно-порфировой формации. — Ташкент: ФАН, 1988.
4. *Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В.* Медно-порфиновые месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. — М.: ЦНИГРИ, 2001.
5. *Кривцов А.И., Ручкин Г.В., Кузнецов В.В.* Роль и место месторождений рудноалтайского типа в колчеданном семействе // Рудный Алтай — уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии. Усть-Каменогорск, 2010. С. 20–22.
6. *Месторождения меди Казахстана.* Справочник. — Алматы, 1997.
7. *Металлогения Казахстана.* Месторождения руд меди. — Алма-Ата: Наука, 1978.
8. *Полетаев А.И., Мельникова Л.В., Потеха А.В., Тимофеева С.Н.* Некоторые особенности геологии и оруденения Самарского золото-медно-порфинового месторождения // Геология и разведка недр Казахстана. 1996. № 2. С. 12–20.
9. *Рафаилович М.С.* Золоторудные гиганты в углеродисто-терригенных отложениях Центральной и Северной Азии // Геология и охрана недр. 2008. № 2. С. 31–40.
10. *Рафаилович М.С.* Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. — Алматы, 2009.
11. *Рафаилович М.С., Шевчук С.И.* Золотоносные скарны Центральной Азии // Геология и охрана недр. 2010. № 1. С. 23–34.
12. *Серых В.И., Евдокимов И.В.* О геологической позиции меднопорфинового оруденения девонского вулканоплутонического пояса (Центральный Казахстан) // Геология Казахстана. 2001. № 1. С. 41–58.
13. *Солнцев С.С., Франковская Н.М., Покусаев А.В.* Геохимические модели золото-медно-молибденового месторождения Самарское и его рудного поля как основа прогноза и поисков аналогичных объектов // Геология и разведка недр Казахстана. 1996. № 2. С. 30–36.
14. *Geodynamics and metallogeny of Mongolia with a special emphasis on copper and gold deposits / R.Seltmann, O.Gerel, D.Kirwin (Eds.).* London, 2005.
15. *Super porphyry copper and gold deposits: a global perspective.* Australia, PGC Publishing, 2005. Vol. 2.

УДК 553.1.553.411+549.283 (575.1)

© Ш.П.Алимов, В.Д.Цой, И.В.Королева, 2011

ПРИРОДНЫЕ ТИПЫ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАЛПАНТАУ**Ш.П.Алимов, В.Д.Цой, И.В.Королева (ГП ИМП Госкомгеологии РУз)**

На месторождении Балпантау по минералогическим и геохимическим особенностям выделены два природных типа руд — окварцованные сульфидизированные метавулканогенно-терригенные породы с тремя подтипами и кварцевые жилы с двумя подтипами.

Ключевые слова: природный тип руд, золото, минералогия, геохимия.

Алимов Шамсиддин Пахритдинович, shams2711@mail.ru, Цой Владимир Деньевич, vtsoi@inbox.ru, Королева Ирина Валентиновна, koroleva_ira49@mail.ru

NATURAL TYPES OF ORE DEPOSITS BALPANTAU**Sh.P.Alimov, V.D.Tsoy, I.V.Koroleva**

On the field Balpantau selected two natural ore types that show their mineralogical and geochemical characteristics. The first type of natural ores represented quartz, sulfidizing metavolcanic-terrigenous rocks. In the first type described three subtypes. Second — quartzvein natural type of ore includes 2 subtypes.

Key words: natural type of ore, gold, mineralogy, and geochemistry.

Золоторудное месторождение Балпантау расположено на северных склонах гор Тамдытау в Центральном-Кызылкумском регионе. Рудовмещающими являются породы нижнесилурийской кушкумбайской (по другим авторам среднесилурийской косбулакской) свиты [3]. Ф.К.Диваев выделяет кушкумбайский осадочно-вулканогенный комплекс, включающий покровные и секущие фации. Покровные фации одноименной свиты состоят из андезитов, андезибазальтов, лейкобазальтов, их туфов, тефроидов, туффитов, вулканомиктовых и полимиктовых песчаников, алевролитов, аргиллитов, гравелитов, конгломератов с прослоями кремнистых пород, известняков и окремненных известняков. Секущая фация представлена некками, штоками, силлами и дайками андезитового, андезибазальтового и базальтового составов. Тектоническое строение территории месторождения определяется близостью разлома глубокого заложения и локализацией золотого оруденения в приразломной компенсационной вулканотектонической депрессии.

Предшествующими тематическими исследованиями (В.Ф.Проценко, Г.П.Чеботарева, Н.Я.Гурейкин, Ю.Г.Зарембо, М.Л.Дынкин, Г.В.Горев, В.Л.Шадрин, В.Д.Цой, И.В.Королева и др.) на месторождении определен списочный состав минералов, выделены минеральные ассоциации, в том числе продуктивные, описаны основные рудные минералы, определены геохимические особенности, возрастные взаимоотношения минералов.

Золотое оруденение месторождения Балпантау характеризуется рядом признаков, несколько отличных от таковых в известных золоторудных месторождениях, локализованных в черносланцевых толщах Центральных Кызылкумов.

Предрудные преобразования пород относятся к пропицит-березитовой формации [1]. Эти процессы вызваны действием одних и тех же углекислых растворов, различия между ними обусловлены составом вмещающих пород [2, 5]. В одних случаях метасоматические изменения затрагивают эффузивы среднего и основного составов, в других — алюмосиликатные песчано-сланцевые отложения. При этом комплекс минералов (ассоциаций) имеет ряд особенностей.

Вулканогенные породы изменены процессами пропицитизации. Отмечаются различные фациальные разновидности пропицитов: серицит-карбонат-кварцевые, серицит-кварцевые, серицит-карбонатные. Высокотемпературные фации не встречены. Породы массивные, разбиты прожилками кварца, часто с сульфидной минерализацией. Новообразованные полевые шпаты замещены карбонатом, серицитом, смесью минералов; карбонаты, в свою очередь, замещаются лимонитом, который в окисленных участках выщелачивается, за счет чего породы приобретают пористую текстуру.

Предрудные изменения пород алюмосиликатного состава характеризуются развитием метасоматического кварца, серицита, пирита, полевого шпата с подчиненным количеством карбоната.

Состав минеральной ассоциации непостоянен и зависит от состава исходных пород. Зоны измененных пород контролируются разрывными нарушениями, трещиноватостью, деформацией пород. С поверхности зоны фиксируются благодаря осветлению, карбонатизации, полевошпатизации.

Терригенные породы охвачены процессом березитизации и весьма однообразны по составу: кварц, серицит, пирит, обломочные минералы большей

частью разлинзованные, перекристаллизованные. Полевые шпаты замещены слюдой, карбонатом.

В углеродсодержащих сланцах преобладает серицит, часто образующий почти мономинеральные линейно вытянутые скопления по сланцеватости. Совместно с ним встречаются углеродистое вещество и в виде вкрапленности лейкоксен. Карбонат замещает глинисто-серицитовый агрегат, часто в нем прослеживается полосчатая текстура, подчеркнутая углеродистыми частицами. Пирит образует субсогласные со сланцеватостью скопления или вкрапления.

Обломочные породы — песчаники полевошпат-кварцевого состава, которые в процессе метаморфизма теряют обломочную структуру. За счет перекристаллизации обломков цемент представляет собой смесь серицита и карбоната. Часто реликты полевого шпата замещаются серицитом. Кроме того, появляется новообразованный полевой шпат в виде прожилков, скоплений; кварц приобретает облачное погасание, характерно мозаичное распадение зерен. Количество новообразованных минералов меняется, что изменяет состав углистых сланцев, особенно в зонах их контакта с другими породами.

Сульфидно-карбонат-кварцевые жилы определяют золотоносность района. Золото в кварцевых жилах постоянно находится в ассоциации с сульфидами Fe и As, железосодержащим карбонатом. Наличие прожилковой сульфидно-кварцевой минерализации в участках метасоматически преобразованных пород увеличивает содержание полезных компонентов в этих породах.

В зоне окисления самородное золото приурочено к участкам окисленных сульфидов — лимониту, скородиту, As-содержащему лимониту, лимонитизированному карбонату, кварцу.

Природные типы руд выделены нами по литологическим разновидностям пород с определенным химическим и минеральным составами и включают одну или несколько продуктивных минеральных ассоциаций, а также характеризуются промышленно значимыми содержаниями полезных компонентов [4]. На месторождении Балпантау выделены два природных типа руд (ПТР), которые, в свою очередь, подразделены на подтипы.

Руды первого природного типа представлены метасоматитами серицит-кварц-карбонатного или серицит-карбонатного состава по андезитам и терригенным породам — углисто-слюдистым сланцам и песчаникам. Кроме того, отмечаются золотосодержащие апокарбонаты (окремненные карбонатные породы). В связи с этим первый ПТР подразделяется на три подтипа: метатерригенные породы

(углистые сланцы, бластоалевропсаммиты) окварцованные с сульфидами и самородным золотом; метаэффузивы (андезиты, андезибазальты) сульфидизированные; апокарбонаты окремненные, лимонитизированные выщелоченные. Золотоносность метасоматитов в выделенных подгруппах обусловлена наличием сульфидно-кварцевой, карбонат-сульфидно-кварцевой с золотом минерализации.

Руды первого подтипа представлены песчаниками, алевролитами, сланцами кварц-полевошпат-серицитового, серицит-хлоритового составов, иногда с примесью углистого вещества. Породы карбонатизированы, секутся прожилками кварца мощностью до 1–3 мм. В кварце местами отмечаются пирит, арсенопирит, реже халькопирит и др. К участкам дробления, катаклаза сульфидов, зонам контактов сульфидов и кварца приурочено самородное золото ряда электрум — кюстелит.

Золотовмещающие породы часто брекчированы с обильными трещинами, выполненными кальцитом. Цемент песчаников перекристаллизован, превращен в лепидогранобластовый серицит-хлорит-кварцевый (иногда с полевым шпатом) агрегат. Обломочные зерна большей частью перекристаллизованы. В углисто-слудисто-кварцевых сланцах без прожилковой сульфидно-кварцевой минерализации содержания Au 0,45 г/т, Ag не более 2,1 г/т (табл. 1). В сульфидах содержания Au 0,46–3,22 г/т, в арсенопирите — 7,35–48,7 г/т, в гидроксидах Fe 3,2–27,2 г/т. В метаалевропсаммитах с сульфидно-кварцевыми прожилками отмечаются содержания Au 10,2 г/т, Ag до 3,1 г/т (см. табл. 1).

Химический состав золотосодержащих пород изменчив, %: SiO₂ 44,5–76,5, Fe₂O₃ 1,0–30, FeO 0,36–2,56, TiO₂ 0,1–0,75, MnO 0,015–0,05, Al₂O₃ 5,4–16,5, CaO 1–4,54, MgO 0–2,32, K₂O 0,67–3,31, Na₂O 0,39–4,76, P₂O₅ 0,03–0,61, SO₃ до 0,48, S_{общ} 0,11–2,48, CO₂ 0,22–3,96.

Минеральный состав руд, %: кварц 18–75,6, альбит до 40, серицит 4–28, хлорит 1–16, кальцит 2–13,9, каолинит 0,3–9, пирит 0,4–5,3, гидроксиды Fe до 32. Количество остальных минералов незначительно.

В участках пород с повышенным содержанием золота постоянно присутствуют, %: As до 0,6, Zn 0,001–0,03, Pb до 0,004, Cu до 0,004, Ni 0,003–0,01, Co до 0,003, V 0,001–0,04, Cr 0,002–0,06. Спорадически встречаются Mo, Sn, Ga, Be, Y, Yb, Sc, почти постоянно — Zr 0,001–0,01, Sr до 0,3, Ba до 0,4.

По данным рационального анализа в углеродсодержащих сланцах (табл. 2) 65,7% Au находится в свободном состоянии, 15,4% — тонковкрапленное в кислотонерастворимых соединениях. В метасоматитах полевошпат-серицитового состава по

углеродистым сланцам с сульфидами связано 36% Au, 28% ассоциируют с кислоторастворимыми соединениями, 20% находятся в свободном состоянии, 16% — тонковкрапленное в кислотонерастворимых соединениях.

К рудам второго подтипа отнесены метасоматиты по андезитах с сульфидно-кварцевой минерализацией. Породы плотные серого или зеленовато-серого цвета, часто мелкопорфировой структуры. Количество вкрапленников размером до 2–3 мм варьирует от единичных до обильных. Они представлены плагиоклазом, а основная масса полевошпат-серицитовым агрегатом с более поздними прожилками, гнездами хлорита. Порфиновые зерна полевого шпата

карбонатизированы, серицитизированы, иногда практически полностью, сохраняется лишь контур. Часто наблюдаются пересечения хлоритовыми, карбонатными и кварцевыми прожилками. Основная масса представлена тонкозернистыми агрегатами серицита, полевого шпата, хлорита, кварца, иногда отмечаются биотит, турмалин. Постоянно присутствуют скопления карбоната, ожелезненного вдоль трещин спайности, за счет чего порода приобретает «решетчатую» текстуру. В основной массе изредка встречаются реликты стекла.

Прожилковая минерализация представлена прозрачным кальцитом, секущим вмещающую породу, хлоритом, реже альбитом и кварцем, часто содержащим вкрапленность рудных минералов.

Содержания Au <0,05–10,2 г/т. Его концентрации повышаются в метасоматитах с прожилковой сульфидно-кварцевой минерализацией. Содержание Ag 0,4–10,5 г/т.

Химический состав пород варьирует в широких пределах, %: SiO₂ 52,2–80, Fe₂O₃ 1,16–13,59, FeO 1–4, TiO₂ до 0,65, MnO 0,015–0,08, Al₂O₃

1. Содержания Au и Ag в углисто-слюдисто-кварцевых сланцах и металевропсаммитах месторождения Балпантау

Номера проб	Au, г/т	Ag, г/т	Характеристика пород
174	0,45	0,8	Углисто-слюдисто-кварцевые сланцы
181	0,35	2,1	
193	<0,05	0,5	
T-3	0,24	1,7	
400 ^б	0,31	1,5	
402	0,32	2	
438	0	1,2	
439	0,12	0,9	
440	0,2	1,4	
441	<0,05	1,73	
449	0,28	1,7	Сланцы с кварцевыми прожилками и пиритом
163	2,49	2,8	
T-2	1	4,8	
405	1,23	3,3	
406 ^б	0,9	8,7	
443	0,73	0,9	Металевропсаммиты
150	<0,05	3,1	
152	0,7	0,5	
159	0,6	1,3	
169	<0,05	1,6	
170	<0,05		
173	0,42	1,3	
87	0,39	1,7	
194	0,06	0,8	
195	<0,05	0,6	
196	0,06	0,4	
196-б	0,94	0,9	
197	0,51	10,5	
154	10,2	3,1	Металевропсаммиты с кварц-сульфидными прожилками

3,4–14,5, CaO 1,12–5,32, MgO 0–2,8, K₂O 0,44–2,89, Na₂O 0,51–4,52, P₂O₅ 0,01–0,28, S_{общ} 0,11–3,43, CO₂ 0,44–8,23, SO₃ 0,04–0,45, H₂O 0,2–0,8. Минеральный состав руд, %: кварц 16–68,7, альбит 4,4–38, серицит 3,5–28, хлорит 0–8, кальцит 2–11, каолинит до 4, пирит до 6, гидроксиды Fe до 14,4, самородное золото — единичные знаки. Из сопутствующих элементов постоянно присутствуют примеси, %: As 0,01–0,6, Cu 0,001–0,02, Zn 0,001–0,03, Pb 0,001–0,006. В единичных пробах содержится 0,01% Sb. Этот комплекс элементов сопровождает золотую минерализацию.

По данным рационального анализа преобладающие формы нахождения золота — свободное (44,5%) и тонковкрапленное в кислотонерастворимых соединениях (27,85%). С пиритом и арсениопиритом ассоциировано 9,2% Au, а с кислоторастворимыми соединениями — 18,5% (см. табл. 2).

Руды третьего подтипа представлены апокарбонатами — окварцованными, окремненными карбонатными породами, лимонитизированными,

2. Результаты рационального анализа руд месторождения Балпангау

Форма нахождения благородных металлов и характер их связи с рудными компонентами	Распределение в пробах											
	Au		Ag		Au		Ag		Au		Ag	
	г/т	%	г/т	%	г/т	%	г/т	%	г/т	%	г/т	%
	ТП-1				ТП-3				ТП-5			
Au и Ag свободные и в виде сростков с рудными компонентами	0,48	44,5	2,94	75,4	1,88	65,7	1,92	76,8	1,42	91,6	1,72	81,9
Au и Ag ассоциированные с кислоторастворимыми соединениями: оксиды, гидроксиды Fe; карбонаты	0,2	18,5	0,56	19,3	0,22	7,7	0,28	11,2	0,04	2,6	0,18	8,6
Au и Ag тонковкрапленные в пирите, арсенопирите	0,1	9,2	0,2	5,15	0,44	15,4	0,1	4,0	0,04	2,6	-	-
Au и Ag тонковкрапленные в кислотонерастворимых рудных минералах (кварце)	0,3	27,8	0,2	5,15	0,32	11,2	0,2	8,0	0,09	3,2	0,2	9,5
Итого в руде	1,08	100	3,9	100	2,86	100	2,5	100	1,55	100	2,1	100

Примечание. ТП-1 — первый ПТР, 2-й подтип, ТП-3 — первый ПТР, 1-й подтип; ТП-5 — второй ПТР, 2-й подтип.

часто выщелоченными, с обильными охрами лимонита, корками гипса в пустотах. Содержания Au варьируют от 0 до 0,13 г/т и лишь в интенсивно окремненных разностях с сульфидной минерализацией повышаются до 2,11 г/т.

Химический состав пород варьирует, %: SiO₂ 46–58,5, Fe₂O₃ 2,18–2,66, FeO 2,2–4,43, TiO₂ 0,25–0,4, MnO 0,06–0,08, Al₂O₃ 4–9,8, CaO 9,8–11,2, MgO 5,2–5,4, K₂O 0,2–0,73, Na₂O 1,12–3,5, P₂O₅ 0,37–0,9, S_{общ} 0,37–0,9, CO₂ 11,66–14,1. Минеральный состав

достаточно прост, %: кварц 60–40, кальцит 30–40, лимонит до 10, пирит в единичных зернах, гипс, каолинит в виде корок. В обломках пород в участках брекчирования встречаются хлорит, серицит, альбит. Из попутных компонентов постоянно встречаются As 0,01–0,1, Cu <0,001–0,007, Zn <0,001–0,01, Pb <0,001–0,003. Содержания Ag 0–2,3 г/т.

Руды второго природного типа. Выделены два подтипа — кварцевый и кварц-карбонатный окисленный.

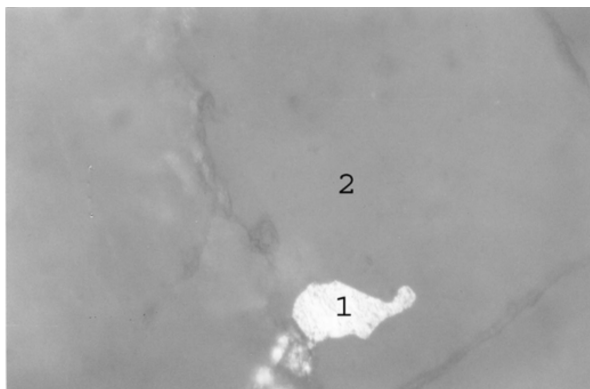


Рис. 1. Самородное золото в жильном кварце:

1 — самородное золото, 2 — кварц. Аншлиф Блп-134, ув. 600^x

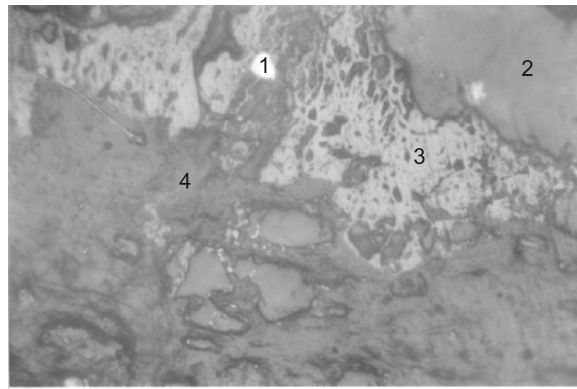


Рис. 2. Самородное золото в гидроксидах железа в кварцевой жиле:

1 — самородное золото, 2 — кварц, 3 — гетит, 4 — охры лимонит-скородита. Аншлиф Блп. ТП-5, ув. 700^x

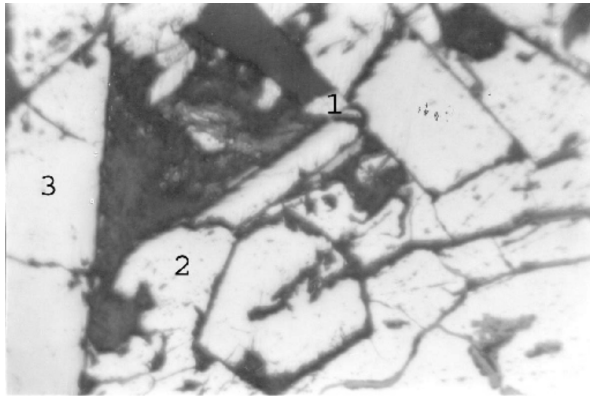


Рис. 3. Самородное золото в метаандезите с сульфидами:

1 — самородное золото, 2 — пирит, 3 — арсенопирит.
Аншлиф Блп-111, ув. 530^x

Первый подтип широко распространен на рудопроявлении и является продуктивным на золото. Руды представлены кварцевыми жилами различной мощности. Кварц серовато-белый, часто содержит включения измененных вмещающих пород. Последние иногда как бы растворены в кварце. Трещины в кварце выполняются Fe-содержащим кальцитом. В кварцевых жилах присут-

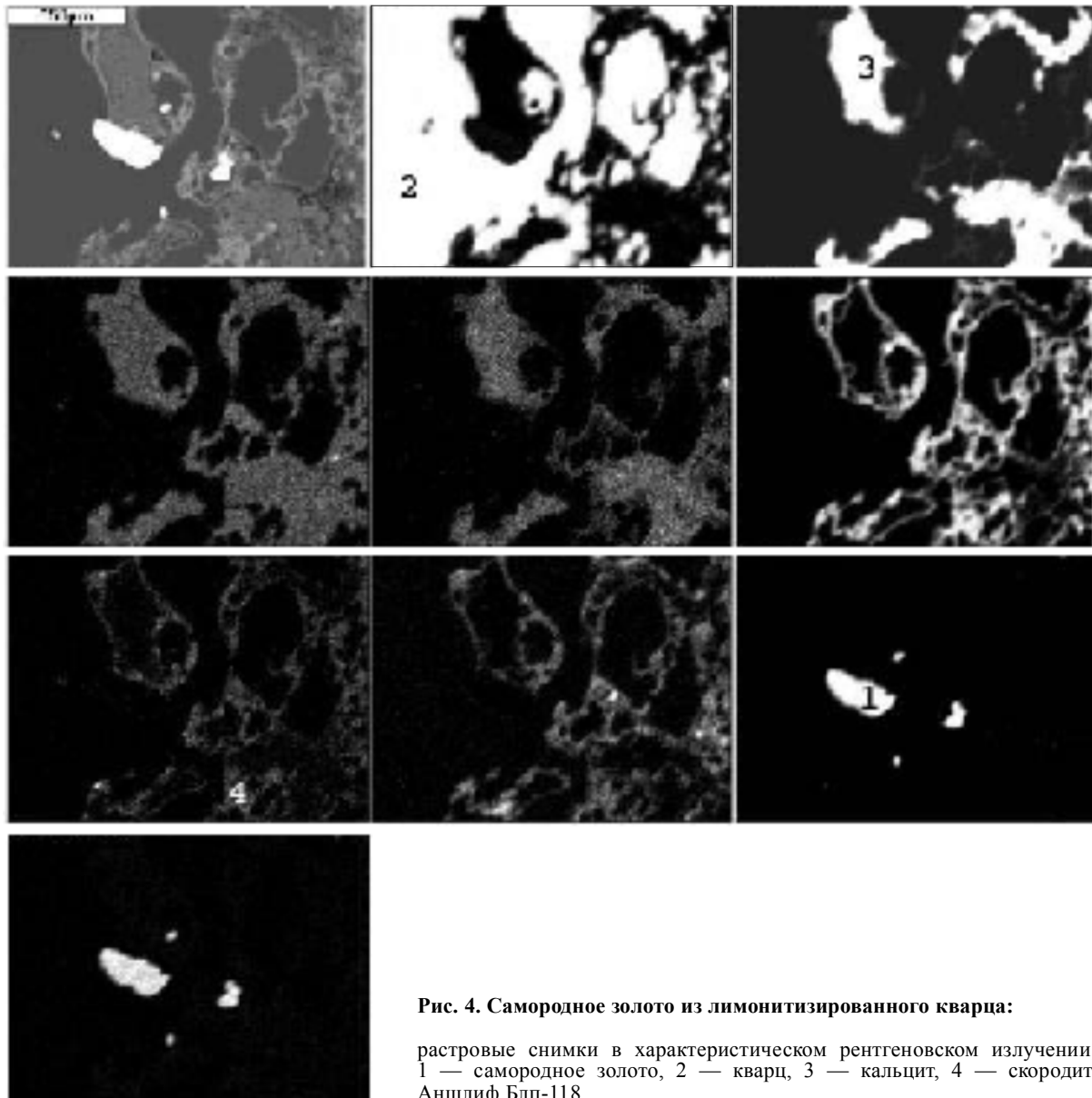


Рис. 4. Самородное золото из лимонитизированного кварца:

растровые снимки в характеристическом рентгеновском излучении;
1 — самородное золото, 2 — кварц, 3 — кальцит, 4 — скородит.
Аншлиф Блп-118

ствуют гнездовые скопления сульфидов, среди которых преобладает арсенопирит в сростании с пиритом. В катаклазированных, трещиноватых агрегатах развиваются более поздние сульфиды — галенит, сфалерит, меньше халькопирит. Постоянно совместно с ними отмечается самородное золото ряда электрум — кюстелит. В кварц-сульфидных жилах содержания Au 0,1–10,8 г/т, Ag 0,8–16,8 г/т. Количество сульфидов чуть менее 5%. Основными концентраторами золота являются сульфиды.

Максимальные содержания золота фиксируются в сульфидных концентратах. Результаты химического анализа сульфидного концентрата показали наличие, %: As 0,08–12,38, Fe 5,6–23,1, Pb 0–0,004, Zn 0,058–0,084, Cu 0,01–0,53.

В жилах кварца по данным химического анализа присутствуют CaO и CO₂. В результате пересчета химических анализов на минеральный состав установлены, %: кварц 58,6, кальцит 2, альбит <5, серицит 5–7, хлорит 2, а также пирит, арсенопирит, халькопирит, самородное золото, сфалерит, галенит.

Основные элементы, сопутствующие золоту, %: As 0,02–0,6, Cu 0,001–0,01, Zn <0,001–0,1, Pb <0,001–0,02.

Спектральный анализ сульфидного концентрата показал присутствие примесей Ba, W, Mn, Cu, Mo, As, Pb, Zn и др. В легкой фракции, шламе отмечаются те же примеси, но в меньших количествах.

Руды второго подтипа представлены кварцевыми жилами с гнездами лимонитизированного карбоната, обломками пород, обеленного полевого шпата. В пустотах выщелачивания содержатся охры лимонита с включениями самородного золота.

В рудах присутствуют лимонитизированные кварцевые жилы с сетью прожилков бурого карбоната. В зонах брекчирования кварцевых жил и прилегающих участков вмещающих пород появляются бурые пестроокрашенные образования карбонат-кварц-скородит-лимонитового состава. Породы выветрелые, частично выщелоченные с порошковатыми охристыми скоплениями по трещинам и пустотам. Их химический состав, %: SiO₂ 77,2, Fe₂O₃ 2,75, FeO 1,12, TiO₂ 0,4, Al₂O₃ 10,2, CaO 1,12, MgO 0,6, K₂O 1,63, Na₂O 1,67, CO₂ 0,9, SO₃ 0,034, H₂O 0,3, S_{общ} 0,6.

Минеральный состав руд, %: золото самородное в единичных знаках, пирит в единичных зернах, кварц 58,6, гидроксиды Fe 3, каолинит 5, альбит 14, серицит 14, хлорит 2, кальцит 2.

Содержания Au варьируют от 0,2 до 115 г/т и Ag от 0 до 5,63 г/т. Золото самородное, приурочено к участкам скопления скородита, контактам зерен, выполненных лимонитом, скородитом. В руде

постоянно присутствуют примеси, %: Sb 0,001–0,01, As 0,01–0,3, Cu 0,002–0,01, Zn 0,001–0,02, Pb <0,001–0,004.

По данным рационального анализа 91,6% Au находится в свободном состоянии или в виде сростков с рудными компонентами. В поздних кварцевых жилах, не содержащих сульфидов, содержания Au не превышают 0,5 г/т, Ag 9,3 г/т.

Минеральный состав руд месторождения Балпантау относительно прост и включает 32 минерала. Минералы, дающие заметные скопления, — пирит и арсенопирит. Часть минералов присутствует постоянно, но значительных концентраций не образует. К таковым относятся халькопирит, пирротин, марказит. Они отмечаются как в виде самостоятельных макровыделений, так и в виде микровключений в других минералах. Остальные минералы встречаются спорадически в виде микровключений или редких прожилков.

Самородное золото — промышленно значимый минерал месторождения. В эндогенных рудах Балпантау установлены микро- и макроскопические выделения самородного золота в кварце, гидроксиде железа, лимонитизированном карбонате, пирите и арсенопирите (рис. 1–4).

По данным рационального анализа выявлены следующие разновидности самородного золота и серебра: 1) свободные и в виде сростков с рудными компонентами (см. рис. 1, 3); 2) тонковкрапленные в кварце; 3) в оксидах и гидроксидах Fe (см. рис. 2), карбонатах; 4) в сульфидах пирит-арсенопиритовой ассоциации (табл. 3; см. рис. 3).

Самородное золото первой разновидности в большинстве случаев определяет золотоносность района. Оно связано с проявлением кварц-золотой минеральной ассоциации и отмечается в виде микровыделений в кварцевых, кварц-карбонат-лимонитовых прожилках. Макровидимое самородное золото встречается редко, образует сростания с доломитом, пиритом, арсенопиритом. Концентрируется в жильной массе весьма неравномерно, образуя микроскопления, просечки по трещинам. Более широко развито микровидимое самородное золото тонкодисперсное и пылевидное. Форма золотин ксеноморфная, амёбовидная, овальная, каплевидная, прожилковая. Они размещаются в трещинах, на контактах зерен ранних сульфидов. Часто золото совместно с халькопиритом и жильной массой цементирует дробленные, брекчированные зерна арсенопирита.

Самородное золото второй разновидности концентрируется в полевошпат-кварцевом агрегате вблизи сульфидов. Отмечаются частые сростания его с халькопиритом. Совместно с золотом в про-

3. Состав самородного золота месторождения Балпантау по данным рентгеноспектрального локального анализа

Номера аншлифов	Содержание, %							
	Au	Ag	Fe	Ni	Cu	Gr	As	Sb
ТП-5	68,37	29,4	2,37	0,23	0,37	-	-	-
	67,76	28,7	2,85	0,63	0,06	-	-	-
	67,73	29,46	1,7	0,13	0,14	0,83	-	-
	67,39	28,49	1,42	0,02	0,55	3,23	-	-
Блп-111	49,99	48,91	0,61	0,25	0,24	-	-	-
	49,9	48,92	0,65	0,25	0,28	-	-	-
	49,35	48,26	1,71	0,49	0,19	-	-	-
Блп-118 ^B	55,8	43,76	0,1	0,1	0,24	-	-	-
	55,59	42,47	1,43	0,44	0,07	-	-	-
	55,94	43,19	0,35	0,48	0,04	-	-	-
Блп-121 ^A	59,72	36,47	3,03	0,57	0,22	-	-	-
	60,11	36,79	2,98	0,21	0,08	-	-	-
	60,26	37,05	2,51	0,14	0,05	-	-	-
Блп-134	48,09	51,54	-	0,37	0,01	-	-	-
	48,34	51,29	-	0,36	0,02	-	-	-
	38,84	59,68	1,58	0,19	0,8	-	-	-
Блп-118 ^A	53,4	45,5	1,1	0,13	0,03	-	0,55	0,26
	52,64	46,05	1,31	0,33	0,02	-	0,16	0,19

Примечание. «-» — менее предела обнаружения.

жилках присутствуют пирит, халькопирит, единичные зерна рутила. Общее число золотинок по сравнению с числом просмотренных аншлифов невелико. Размер золотинок колеблется от 0,001 до 0,1 мм и менее. Преобладают золотины класса 0,001–0,009 и <0,001 мм. Цвет золота бледно-желтый, оно низкопробное и относительно низкопробное. Из элементов-примесей в золоте установлены Fe, Ni, Cu, Cr, As, Sb (см. табл. 3).

Золото третьей разновидности связано с кварц-карбонат-лимонитовой (ранее сульфидсодержащей) ассоциацией (см. рис. 2) и определяет наличие золота в сульфидах. Встречается в виде единичных знаков. По пробности оно отвечает кюстелиту. Кюстелит присутствует на контакте пирита с включенным в нем арсенопиритом, чем и объясняется локальное повышение серебра в сульфидах. Кюстелит играет незначительную роль в общем балансе золота из-за малой распространенности полисульфидной ассоциации.

Субдисперсное золото в сульфидах первой разновидности образует точечные выделения размером менее микрометра. Содержание золота в сульфидах весьма незначительно. Зависимость между содержанием золота и количеством сульфидов золото-пирит-арсенопиритовой ассоциации, а также содержания золота в этих сульфидах позволяют предполагать существование субдисперсного золота.

Итак, на месторождении Балпантау выделены два природных типа руд, характеризующихся своими минералогическими и геохимическими особенностями. Золото, представленное электрумом и кюстелитом, концентрируется в кварце, карбонате, пирите, арсенопирите, оксидах железа и мышьяка. Оно приурочено к трещинам в сульфидах (пирите, арсенопирите), а в зоне гипергенеза сохраняется в контурах продуктов разложения сульфидов (гетите-гидрогетите) и вблизи них. Золото, наложенное на сульфиды, легкоизвлекаемое.

Месторождение Балпантау относится к малосульфидной золото-кварцевой формации. Судя по имеющимся минеральным ассоциациям, на месторождении развиты ранняя продуктивная пирит-арсенопиритовая с золотом (преобладает) и в небольшом количестве поздняя золото-серебряная парагенетические минеральные ассоциации.

Кроме главных рудных элементов, выделены попутные элементы-примеси, среди них Pb, Zn, Cu, Sb, As, S_{сульфид} и др. К вредным примесям относятся мышьяк, группа слюдястых минералов, которые затрудняют обогащение руд, к шлакообразующим компонентам — оксид кремния. При определенных содержаниях SiO₂, Al₂O₃, As в рудах, а также крупности зерен руды первого и второго природных типов могут использоваться в качестве флюсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геологический словарь*. Т. 1. — М.: Недра, 1978.
2. *Коржинский Д.С.* Зависимость активности компонентов от кислотности раствора и последовательность реакций при послемагматических процессах // *Геохимия*. 1956. № 7. С. 3–10.
3. *Стратиграфический словарь Узбекистана*. — Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001.
4. *Цой В.Д., Королева И.В.* Природные типы руд оцениваемых золоторудных месторождений Узбекистана // *Геология и минеральные ресурсы*. 2007. № 5. С. 64–73.
5. *Шабынин Л.И.* Формация магнезиальных скарнов. — М.: Наука, 1973.

УДК 553.495:551.73/.78

© А.Б.Халезов, 2011

ВОЗМОЖНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ТИПА «НЕСОГЛАСИЯ» В ФАНЕРОЗОЕ

А.Б.Халезов (ВИМС Роснедра Минприроды России)

Месторождения урана в речных долинах юры в Зауралье и неогена в Забайкалье приурочены к региональным поверхностям стратиграфического и тектонического несогласия с мощными корами выветривания по фундаменту. По этому и другим признакам, несмотря на существенные различия, они сходны с месторождениями урана типа «несогласия» в протерозое и могут рассматриваться как их разновидность в фанерозое.

Ключевые слова: урановые месторождения типа «несогласия», протерозойские месторождения, фанерозойские месторождения, генезис.

Халезов Андрей Борисович, nbella@bk.ru

VARIETIES OF THE URANIUM DEPOSITS OF THE «UNCONFORMITY» TYPE IN THE PHANEROZOIC

A.B.Khalezov

In the river valleys of the Yurassic in Zauralye and of the Neogen in Zabaikalye uranium deposits are attributed to regional surfaces of the stratigraphic and tectonic unconformity with thick crusts of weathering by the foundation. In spite of the considerable distinctions by this and other features they are similar with the uranium deposits of the «unconformity» type in the Proterozoic and may be considered as their variety in the Phanerozoic.

Key words: uranium deposits of the «unconformity» type, Proterozoic deposits, Phanerozoic deposits, genesis.

На севере Австралии и в провинции Атабаска в Канаде известны крупные и уникальные месторождения урана с высокими процентными содержаниями металла в рудах [4, 5, 8, 12–14 и др.]. Их общая особенность — приуроченность к регионально выраженным поверхностям структурно-тектонического и стратиграфического несогласия между архейско-раннепротерозойским складчатым метаморфизованным фундаментом и слабометаморфизованным пологим субплатформенным среднепозднепротерозойским чехлом, сформировавшимся после длительного континентального перерыва. Перерыв в накоплении осадков сопровождался образованием пенеплена и мощных площадных и линейных кор выветривания по породам фундамента — гранитам, гранитогнейсам, углеродистым сланцам, карбонатным породам и др. В платформенный период коры выветривания, частично эродированные, были захоронены под мощным чехлом аллювиальных и прибрежно-морских красноцветных и пестроцветных песчаников с подчиненным количеством конгломератов, алевролитов, глин, даек и горизонтов изверженных пород основного состава (Канада). Пространственная и причинная связь месторождений с древними региональными несогласиями позволила выделить их как тип месторождений «несогласия». Этому типу месторождений посвящено большое число монографий, статей зарубежных и российских геологов [4, 8, 12–14 и др.], в которых всесторонне рассматриваются условия локализации и образования рудных скоплений. Главные общие черты месторождений данного типа сводятся к следующему:

связь месторождений с региональными несогласиями, отвечающими смене геосинклинального режима платформенным (субплатформенным) с длительным континентальным перерывом, пенепленизацией и латеритным выветриванием складчатого основания в условиях тропического климата;

основные запасы урана приурочены непосредственно к поверхности несогласия, при этом многие залежи располагаются выше и ниже нее на десятки и даже сотни метров (Канада) или ниже коры выветривания в фундаменте (Австралия);

руды обычно локализованы в участках развития углеродисто-графитовых сланцев в фундаменте: над ними или на некотором удалении от них в породах чехла, коре выветривания (реголитах), фундаменте, реже в самих углеродистых сланцах;

в качестве локального структурного контроля выступают зоны разломов, неровности поверхности несогласия, русловые врезы чехла в фундамент, карстовые полости и брекчии в карбонатных породах фундамента. Таким образом, локальный структурный контроль заключается исключительно в наличии возможности циркуляции ураноносных растворов;

на многих месторождениях отмечается положительное влияние карбонатных горизонтов, присутствующих в складчатом основании;

рудные залежи и тела в плане обычно имеют удлиненную форму до шнуровидной. Протяженность рудных залежей может составлять несколько километров при ширине десятки и сотни метров. Мощность рудных тел достигает первых десятков метров. Средние содержания U в рудных залежах

измеряются процентами. Относительно бедные руды содержат $U_{0, n-0, 0n\%}$;

основные урановые минералы богатых руд — оксиды урана. В относительно бедных рудах распространен коффинит. Реже отмечаются титанаты урана. Из сопутствующих элементов в разных вариациях широко развиты сульфиды многих элементов — Fe, Se, Mo, Zn, Cu, Pb, Ni, Co, As. Присутствуют Au и другие элементы;

возраст первичных руд около 1300 млн. лет.

На всех месторождениях широко проявлены катагенетические, многостадийные эпигенетические, гидротермальные процессы и метаморфизм, существенно сказавшиеся на облике руд и вмещающих пород, переотложениях руд. В частности, к ним относятся гематитизация, карбонатизация, хлоритизация, серитизация, каолинитизация и другие изменения. Степень их проявленности на месторождениях различна и прямого отношения к образованию богатых первичных руд они, по-видимому, не имеют.

О генезисе месторождений «несогласия» высказаны разные точки зрения: эндогенная с глубинным источником металла, экзогенная инфильтрационная с источником урана из пород фундамента и осадочного чехла и полигенная [8, 12–14 и др.]. Предполагалась существенная роль в рудоотложении гальванических эффектов [4, 8, 11]. Широкое распространение получила так называемая «графитовая модель» образования месторождений, подразумевающая источник урана из окружающих формаций, перенос урана метеорными водами и осаждение его в местах поступления в окружающую среду восстановительных флюидов из углеродистых сланцев по разломам. Эта схема позволяет объяснить важные особенности месторождений «несогласия»: пространственную связь оруденения с поверхностью несогласия, положение их около графитосодержащих пород, морфологию рудных тел, большую длительность рудоформирующих процессов на локальных участках, высокое содержание урана и др. [4, 8].

Поиски месторождений подобного рода в других регионах не привели к открытию крупных объектов. В России в юго-восточной части Балтийского щита выявлено небольшое месторождение Карку [1–3, 9, 15]. Комплексное и детальное его изучение проведено сотрудниками ИГЕМ и ФГУП «Невско-геология» под руководством В.И.Величкина [1]. По данным этих исследований месторождение приурочено к предрифейскому структурно-стратиграфическому несогласию между архейско-раннепротерозойским кристаллическим фундаментом гранито-гнейсов и графитосодержащих сланцев и перекрываемыми среднерифейскими субплатформенными отложениями, представленными пестроцветными и красноцветными аллювиальными образованиями,

включающими горизонты базальтов и туфопесчаников. По породам фундамента у поверхности несогласия развита кора выветривания мощностью до 30 м. Все кондиционные рудные залежи располагаются в обрамлении гранитогнейсового купола и пространственно тяготеют к участкам распространения гнейсов и сланцев, обогащенных графитом и сульфидами. Основное оруденение непосредственно примыкает к поверхности несогласия. Рудные залежи и тела имеют удлиненную форму. Протяженность их достигает 630 м при ширине от 30 до 200 м. Содержания U составляют первые проценты, в одном случае — 18,9%.

В богатых рудах уран представлен в основном оксидом урана (настураном) и в меньшей мере коффинитом. В бедных рудах последний преобладает. В урановых рудах постоянно отмечаются сульфиды Fe, Mo, Pb, Zn, Cu и других халькофильных элементов. В целом в рудообразование было вовлечено большое количество элементов как халькофильных, так и гидролизатов.

На месторождении Карку широко проявлены катагенетические, гидротермальные эпигенетические преобразования руд и вмещающих пород — хлоритизация, сульфидизация, карбонатизация, гаматитизация и др., наложившие отпечаток на их облик. Указанные изменения, очевидно, не связаны с образованием первичных руд, но сказались на переотложении урана [1].

Главная продуктивная стадия формирования первичных руд на месторождении Карку оценивается в 1400–1282 млн. лет.

На основе установленных фактов по условиям локализации, особенностей геологического строения Карку и прямого сходства, за малым исключением, с таковыми эталонных месторождений Канады исследователи пришли к выводу о его принадлежности к типу месторождений «несогласия», отдав предпочтение экзогенной точке зрения, близкой к «графитовой» модели образования. Сам факт открытия месторождения данного типа на другом континенте имеет большое научное значение и подтверждает перспективы обнаружения подобных месторождений в других регионах.

Уникальность условий формирования инфильтрационных месторождений в протерозое обусловлена прежде всего появлением кислорода в атмосфере при отсутствии широкого распространения растительного покрова на поверхности Земли (до девона). Из-за отсутствия растительного органического вещества в водопроницаемых грубообломочных осадках (основного вместилища месторождений песчаникового типа) не образовывался восстановительный геохимический барьер для шестивалентного урана на пути движения кислородсодержащих

пластовых (грунтовых) вод. Уран, вступивший в миграцию из кор выветривания и вмещающих формаций, мог концентрироваться только на восстановительных барьерах, обусловленных поступлением соответствующих флюидов (газов, газовой-жидких) с глубин по тектоническим нарушениям. Концентрация урана в этих условиях происходила на одном месте длительное время.

Исходя из основных факторов формирования месторождений «несогласия» можно считать, что механизм их образования с точки зрения экзогенной гипотезы сохранился и в последующие эпохи [6, 8]. Однако в более поздних зонах крупных глобальных несогласий подобные месторождения пока не выявлены.

В последние десятилетия в России обнаружены две урановые провинции: в южном обрамлении Западно-Сибирской плиты и в Забайкалье (Витимский район). В первом случае [10, 11, 16, 17 и др.] месторождения Долматовское, Хохловское, Добровольное, Малиновское и расположенные в Казахстане Тобольское, Сенжарское, Семизбай приурочены к ярко выраженной региональной поверхности несогласия между складчатым палеозойским фундаментом с мощными площадными корами выветривания раннемезозойского возраста и мезокайнозойским осадочным чехлом (начиная со средней коры), залегающим почти горизонтально. Континентальный перерыв в накоплении осадков с развитием пенеплена и образованием кор выветривания продолжался длительное время и ознаменовал переход от орогенного тектонического режима к платформенному. Протяженность ураноносного пояса почти 1500 км.

Все месторождения приурочены к эрозионным, эрозионно-структурным речным долинам среднепозднеюрского возраста, врезанным в складчатый фундамент с корой выветривания. Месторождения сформировались в пределах древних позднеюрско-раннемеловых зон грунтового и пластового окисления. Источником урана служили липариты (T_{1-2}) и гранитоидные массивы (PZ) с химическим выветриванием. Палеодолины перекрыты континентальными красноцветными отложениями (K_1), выше которых залегают континентальные и морские осадки (K_1-N). Захоронение ураноносных палеодолин под чехлом платформенных отложений способствовало консервации оруденения и сохранности месторождений, проявлению катагенетических процессов — восстановлению зон окисления, карбонатизации, хлоритизации. Последние на месторождениях проявлены в разной степени — от слабой до значительной. На месторождении Семизбай описаны пострудные гидротермальные процессы [7].

Рудные залежи в плане имеют удлиненную форму, локализируются в нижних и средних частях разреза речных долин. Наиболее масштабное оруденение располагается над блоками карбонатных пород в фундаменте (Долматовское, Хохловское месторождения). Среднее содержание U 0,04%. В пределах рудных полей незначительное оруденение отмечается как выше на несколько десятков метров, так и ниже поверхности несогласия в фундаменте.

Урановые минералы представлены оксидами урана и коффинитом. В бедных, убогих рудах преобладает коффинит. Встречаются находки новообразованных титанатов урана. Из сопутствующих минералов широко развиты сульфиды Fe, Se, Mo, Zn, Cu, Pb, Ni, Co, As и др., в повышенных количествах присутствуют Sc, Y, TR, V, Zr, Ti и другие элементы.

Основной возраст руд по геохронологическим данным приближен к возрасту вмещающих пород — 110–140 млн. лет. На Долматовском месторождении установлен возраст руд 20–25 млн. лет, свидетельствующий о дополнительном привносе или перераспределении урана в связи с положительными эпейрогеническими движениями и аридизацией климата в неогене.

При рассмотрении генетических вопросов происхождения месторождений типа «несогласия» основное внимание уделяется их связи с предпозднепротерозойскими зонами несогласия. При этом, наряду с гидротермальными, весьма широкое распространение получили гипотезы образования рассматриваемых месторождений в процессе химического выветривания ураносодержащих пород фундамента во время его пенепленизации. Высокие содержания урана объясняются длительностью рудообразующего процесса на одном месте и спецификой геохимического барьера [4]. В дальнейшем катагенетические, эпигенетические, гидротермальные процессы и метаморфизм с переотложением урана существенно изменили облик этих месторождений.

Месторождения урана в Зауральской и Забайкальской провинциях, несомненно, имеют общие черты с классическими месторождениями «несогласия». Они приурочены к поверхностям регионального тектонического, структурного и стратиграфического несогласия, причем разного возраста: в Зауральской провинции — между палеозоем и средним мезозоем (J_2), в Забайкальской — между палеозоем и неогеном. Санарское месторождение урана на Урале связано с современными речными отложениями, выполняющими русло реки, врезанное в гранитный фундамент. Есть и другие многочисленные примеры подобных месторождений, образованию которых предшествовали пенепленизация и корообразование. Месторождения распола-

гаются либо в пределах развития магматических пород кислого состава, отличающихся повышенными содержаниями урана, служащих источником металла, либо в непосредственной близости от них.

Имеются и другие черты сходства — в морфологии рудных тел, составе первичных урановых минералов, широком комплексе сопутствующих химических элементов, характерных для экзогенных месторождений, возрасте оруденения, приближенном к возрасту вмещающих формаций, и др.

Внутриформационные ураноносные речные палеодолины эрозионного и эрозионно-структурного происхождения также образуют поверхности несогласия, но развитые локально (плато Колорадо, Предуралье и др.) [16, 17]. Это свидетельствует о прямой связи ураноаккумуляции в речных палеодолинах с эрозионно-аккумулятивными процессами и химическим выветриванием рудовмещающих формаций. Если такой процесс имел место, то все поверхности структурно-стратиграфического несогласия фанерозоя с корами выветривания могут считаться благоприятными для формирования уранового оруденения при условии транспортировки урана подземными водами в течение длительного времени и предохранения перекрывающими отложениями оруденения от разрушения.

Таким образом, процессы экзогенного инфильтрационного уранообразования, начавшиеся в протерозое 1400–1300 млн. лет назад, что совпало с появлением в атмосфере кислорода, фактически продолжают до настоящего времени. Процесс же рудообразования при этом существенно изменился. В связи с распространением растительного органического вещества — активного восстановителя урана — получили широкое развитие месторождения урана в базальных речных долинах на поверхностях несогласий и во внутриформационных долинах, а также месторождения песчаникового типа. При этом сохранилась возможность образования инфильтрационных месторождений на геохимических барьерах, обусловленных газовыми и газовой-жидкими флюидами, поступающими с глубин по разломам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Геология и условия формирования месторождения типа «несогласия» Карку в Северном Приладожье (Россия) / В.И.Величкин, В.К.Кушнеренко, Н.Н.Тарасов и др. // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47. № 2. С. 99–126.*
- Геолого-структурное положение и основные особенности уранового месторождения Карку (Приладожье) / Г.И.Новиков, В.К.Кушнеренко, В.А.Пичугин и др. // Мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. М., 2001. Вып. 143. С. 21–30.*
- Гороцевский А.А., Поликарпов В.И. Геолого-генетические модели некоторых месторождений в структурно-стратиграфических несогласиях Приладожья // Мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. М., 1994. Вып. 138. С. 44–56.*
- Гуртовенко Ю.М. О локальных поисковых критериях и опыте поисков урановых месторождений типа «несогласия» // Мат-лы по геологии урановых месторождений зарубежных стран. М., 1986. Вып. 35. С. 257–391.*
- Ишевская Э.Г. Историко-геологическая модель и факторы формирования богатого и масштабного уранового оруденения «несогласия» канадского типа // Мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. М., 2007. Вып. 151.*
- Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. — М.: Геоинформмарк, 2000.*
- Кондратьева И.А., Нестерова М.В., Дойникова О.И. Условия образования ураносодержащего кальцита в рудовмещающих отложениях месторождения Семизбай (Казахстан) // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 1. С. 89–96.*
- Лаверов Н.П., Смилкстын А.О., Шумилин М.В. Зарубежные месторождения урана. — М.: Недра, 1983.*
- Леденева Н.В., Мигута А.К., Овсянников Н.В. Вещественный состав и особенности генезиса месторождения типа «несогласия» Карку в Ладжском мегаблоке Балтийского щита // Тез. международного симпозиума по геологии урана. М., 2000. С. 57–58.*
- Месторождение урана в палеодолинах Зауралья и Забайкалья / И.Л.Лучинин, А.В.Коченов, П.А.Пешков и др. // Разведка и охрана недр. 1992. № 5. С. 12–15.*
- О минералого-геохимических особенностях урановых месторождений «базального» типа / А.В.Коченов, А.Б.Халезов, Е.М.Шмариович и др. // Литология и полезные ископаемые. 1990. № 1. С. 123–132.*
- Пакульнис Г.В., Шумилин М.В. Месторождения урана типа «несогласия» района Атабаска (Канада) // Минеральное сырье. М., 2005. Вып. 17.*
- Сиббалд Т.И. Геология и генезис урановых месторождений бассейна Атабаска // Мат-лы по геологии урановых месторождений зарубежных стран. М., 1989. Вып. 42. С. 50–89.*
- Смилкстын А.О. О некоторых закономерностях регионального размещения стратиформных и ролловых эпигенетических месторождений урана // Советская геология. 1975. № 8.*
- Условия формирования и преобразований урановых руд месторождения Карку в Северном Приладожье / А.К.Мигута, Н.В.Леденева, Н.В.Овсянников и др. // Уран на рубеже веков: природные ресурсы, производство, потребление. М., 2002. С. 189–196.*
- Халезов А.Б. Месторождения урана в речных палеодолинах южной окраины Западно-Сибирской плиты // Мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. М., 2005. Вып. 148. С. 136–149.*
- Халезов А.Б. Месторождения урана в речных палеодолинах Уральского региона. — М.: ВИМС, 2009.*

ДИСКУССИИ

УДК 553.078

© А.Н.Барышев, 2011

СУПЕРРАЙОНЫ КАК ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ И ЗОН С МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ, ЗОЛОТА И АЛМАЗОВ: ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИХ ПОЗИЦИИ

А.Н.Барышев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

Показано, что в предшествовании зарождения рудоносных магматических очагов происходят волновые осложнения в верхней части астеносферы Земли. Магматизм и рудообразование наиболее интенсивно проявляются над положительными фазами волн длиной около 300 км. Используя закономерности этого явления, можно в минерагенических поясах и зонах по их простиранию через такое расстояние на обзорных и мелкомасштабных минерагенических картах намечать центры наиболее перспективных отрезков (областей) протяженностью от 60 до 150 км, которые предложено называть суперрайонами

Ключевые слова: цветные металлы, золото, алмазы, минерагения, суперрайоны, тектоно-физика.

Барышев Александр Николаевич, metallogeny@tsnigri.ru

SUPERREGIONS AS THE HIGHPRODUCTIVELY AREAS OF MINERAGENIC BELTS AND ZONES WITH DEPOSITS OF BASE METALS, GOLD AND DIAMOND: TECTONOPHYSICAL AND GEOLOGICAL FOUNDATIONS OF THEIR POSITION

A.N.Baryshev

The waves of length 300 km had been on the asthenosphere surface before the orebearing magmatic chambers were formed by melting. Numerous and the largest ore deposits are placed on the areas over positive phases of these waves. These areas have dimensions of 60–150 km and are named superregions. Its centres may be intended in mineragenic belts through 300 km on maps of general scale, if one centre is known.

Key words: base metals, gold, diamond, minerageny, superregion, tectonophysics.

За последние полвека в ЦНИГРИ детально разработан и широко применяется в практике прогнозно-металлогенических исследований формационный анализ, основой которого является структурно-вещественный системный подход [8, 9, 11]. Системы рассматриваются, в первую очередь, в аспекте определенной «упаковки» геологических формаций, рудно-формационных типов месторождений, рудных формаций в единые ассоциации. К таким ассоциациям, например, относятся структурно-формационные комплексы. Пространственному распространению одного структурно-формационного комплекса соответствует определенная структурно-формационная зона, которая вместе с присутствующими в ней месторождениями рассматривается как структурно-металлогеническая или металлогеническая зона. Такая система имеет то несомненное достоинство, что ее составные части отражаются на геологических картах литологического содержания и могут из них заимствоваться для анализа. Структурно-формационный подход с выделением зон позволяет существенно дифферен-

цировать металлогенические пояса поперек их простирания, обеспечивая характеристику специальной металлогении и прогноза конкретных типов месторождений. Выделение перспективных отрезков или частей металлогенических зон осуществляется начиная с рудных районов, узлов и полей при исследованиях среднего и крупного масштабов. Вместе с тем, уже на основе обзорных и мелкомасштабных карт можно наметить наиболее перспективные крупные части металлогенических поясов и слагающих их металлогенических зон вдоль их простирания, что выходит за рамки возможностей структурно-формационного подхода. Такие крупные части поясов и зон отвечают рангу металлогенической области, стоящей в схеме металлогенического районирования между металлогенической провинцией и рудным районом [10].

Минерагеническая (металлогеническая) область — это территория без интенсивно выраженной линейности, представляющая собой часть металлогенического пояса площадью до десятков тысяч квадратных километров, объединяющая

несколько рудных районов. В связи с тем что далее речь пойдет о высокопродуктивных частях поясов и составляющих их зон, такие области предложено называть суперрайонами. Выделение суперрайонов может способствовать выбору наиболее перспективных площадей на закрытых территориях и предварительной оценке их на широкий комплекс рудных месторождений. Выделение суперрайонов может помочь при осуществлении проекта «Урал Промышленный – Урал Полярный». Выделение суперрайонов также позволит выбирать перспективные на алмазы площади, расположенные к юго-западу от осваиваемых месторождений Якутии [3].

В эндогенной металлогении обычно анализируются определенные магмы, растворы или твердые вещества, из которых непосредственно выносятся рудные компоненты. Весьма мало внимания уделяется более ранним движениям и дифференциации геологической среды, предшествующим процессам магмо- и рудообразования. Основная суть модели образования суперрайонов состоит в волновой закономерности всплесков продуктивного магматизма или иного вида доставки полезного ископаемого из глубин Земли. Эта закономерность следует как из тектонофизических теоретических и экспериментальных исследований явлений конвекции или ее частного случая — адвекции, так и из реальных геологических наблюдений. Развитию магматизма и связанного с ним оруденения предшествует адвекция геологической среды в твердом состоянии, осуществляющаяся путем всплывания пластических разуплотненных масс с одновременным компенсирующим отжиманием окружающей среды в стороны и ее погружением.

Волновые закономерности адвекции состоят в следующем. Если слой вещества перекрыт более плотным слоем, то на границе их происходят волнообразные коробления. При этом в зависимости от мощностей слоев, главным образом нижнего, их вязкостей и относительного разуплотнения существует такая длина волны, рост амплитуды которой происходит наиболее быстро. Эта доминирующая длина волны и определяет расстояния между поднятиями [12]. Данное теоретическое положение подтверждено тектонофизическими экспериментами с учетом условий подобия.

Условия реализации гравитационной неустойчивости в виде конвекции или адвекции характеризуются критическими числами Рэлея R [6], которые определяются по уравнению:

$$R = \Delta\rho \cdot g \cdot H^3 / a \cdot \eta. \quad (1)$$

Суть формулы весьма проста. В числителе содержатся параметры, определяющие архимедову силу — разуплотнение $\Delta\rho$, ускорение силы тяжести

g , размер системы мощностью H , в знаменателе — параметры, препятствующие всплыванию — эффективная динамическая вязкость η и коэффициент релаксации a , например, температуропроводности горных пород, если разуплотнение определяется нагреванием.

Поскольку коэффициенты температуропроводности горных пород отличаются мало — $a \approx (6-13) \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$, изменения g в природе весьма малы, и с учетом того, что величина $\Delta\rho$ для пород весьма ограничена, коэффициенты подобия этих параметров в разномасштабных конвективных системах могут приблизительно приравняться к единице. Отсюда из формулы (1) следует: при протекании подобных процессов конвекции или адвекции, т.е. при равенстве чисел Рэлея, коэффициенты подобия размеров системы C_H и вязкости C_η соотносятся как

$$C_H^3 \approx C_\eta. \quad (2)$$

Иначе говоря, если размер системы и соответственно мощность H увеличиваются на один порядок, то вязкость η должна быть на три порядка больше [1, 2]. Эта теоретическая закономерность подтверждается расчетами и практикой. Если геодинамические системы разместить по их размерным порядкам, как показано в таблице, то переходя последовательно от систем II порядка с поперечником 1–2 тыс. км (соответствующих структурам типа окраинных морей с определяющими их астеносферными ячейками при вязкости 10^{20} – 10^{21} пуаз) к системам V порядка с поперечником 1–3 км (соответствующим кремнекислым экструзивам), получим вязкость 10^{11} – 10^{12} пуаз, которая определена для кислых лав при извержении вулкана Трайидент на Аляске и в лабораториях при плавлении обсидиана [7].

Адвективным геодинамическим системам разных порядков соответствуют разные минерагенические таксоны (см. таблицу). Системам II порядка соответствуют металлогенические провинции и пояса, III порядка — металлогенические области (суперрайоны), IV порядка — рудные районы и узлы. Позиция узлов определяется магматическими очагами [1, 2]. Системы III порядка развиваются при вязкости 10^{17} – 10^{18} пуаз, т.е. в твердом состоянии (для сравнения, вязкость льда 10^{13} пуаз).

Ячейкам III размерного порядка могут соответствовать волны на поверхности астеносферных ячеек II порядка. Такие волны можно видеть, если по плотности очагов землетрясений оконтурить верх астеносферы под окраинными морями и островными дугами [1, 2].

Теоретически следует ожидать, что адвекция в системах IV порядка будет интенсивнее проявлять-

Иерархия геодинамических и металлогенических систем, связанных с конвективными (адвективными) ячейками или диаширами в разных слоях Земли, их характеристика

Размерный рядок систем	Пример структурного элемента Земли (его тип)	Природа конвективной (адвективной) ячейки	Вязкость адвектирующего слоя, пуаз	Перекрывающий слой	Предполагаемая скорость перекрывающего слоя на контакте с адвектирующим слоем, пуаз	Размер (диаметр) ячейки, или диапира, км	Шаг между центрами диапиров, км	Мощность подошвы слоя, км	Соответствующий металлогенический таксон
I	Океан (глобальный)	Тепловой конвективный поток в жидком ядре Земли	—	Мантия	10^{25}	—	До 11 500 при четырех ячеях	—	Планетарная металлогеническая провинция
II	Окраинное море, сводно-глыбовая область на континенте (провинциальный)	Адвекция астеносферы	10^{20} – 10^{21}	Литосфера	10^{22}	1000–2000	1000–2000	200–300	Металлогеническая провинция
III	Глубоководная котловина окраинного моря, поперечный сектор геосинклинали (региональный)	Адвекция верхней части астеносферы	10^{17} – 10^{18}	Разогретая литосфера	10^{19} – 10^{20}	50–150	200–350, чаще 300	30–60	Металлогеническая область (суперрайон)
IV	Первичный магнитокоровый магматический очаг и надочаговая область (очаговый)	Адвекция субсолидных магм и гипербазитового рестиита	10^{14} – 10^{15}	Разогретая земная кора	10^{16} – 10^{17}	10–30	30	2–10	Магматогенно-рудный узел
V	Камера магматического очага и связанный с ней шток или экструзив (камерный)	Адвекция разуплотненных вылавок в коровом базитовом очаге	10^{11} – 10^{12}	Разогретая трещиноватая земная кора	10^{13} – 10^{17}	0,5–3,5	1–3,5*	0,2–1	Месторождение
VI	Мелкий магматический шток-апофиза (апофизный)	Адвекция флюидонасыщенных магм апикальных частей камер	10^8 – 10^9	То же	10^{13} – 10^{17}	0,1–0,3	0,3*	0,02–0,1	Мелкое месторождение, трубка

*Может существенно искажаться при наличии разрывов в породах кровли.

ся на положительных фазах волн III порядка. Нечто подобное давно замечено людьми относительно морских волн, что послужило основанием для

названия живописной картины И. Айвазовского «Девятый вал». У народов Средиземноморья наиболее крупным считается десятый вал. То есть положительные фазы волн III порядка должны отвечать областям с наибольшей интенсивностью проявления магматизма и эндогенных рудных процессов, иначе суперрайонам. Так как шаг между магмато-рудными узлами обычно близок к 30 км [1, 2], то можно ожидать величину шага между центрами суперрайонов около 300 км. Посмотрим, как неравномерно распределяются месторождения, определяющие своими запасами продуктивность минерагенических поясов и зон.

На схему минерагенического суперпояса Урала (рис. 1) вынесены все средние и крупные колчеданные, медно-порфировые и золоторудные месторождения, а также районы с большим количеством мелких месторождений золота. Четко выделились полосы: Гайско-Подольская, Верхнеуральско-Учалинско-Кочкарская и Сафьяновско-Дегтярско-Березовская. Расстояния между центральными линиями полос составили 290–300 км. Такие шаги проэкстраполированы к северу и югу. Наметилась Ауэрбаховская полоса (суперрайон) с повышенной золотоносностью с Воронцовским месторождением и серией золотосодержащих медно-железо-скарновых месторождений Турьинской группы. Далее к северу оси полос попали в районы с повышенной россыпной золотоносностью — Северо-Сосьвинский и Кожимский. Еще севернее полоса отвечает Харбейской площади, где пока выявлены лишь мелкие месторождения и рудопроявления (золото-

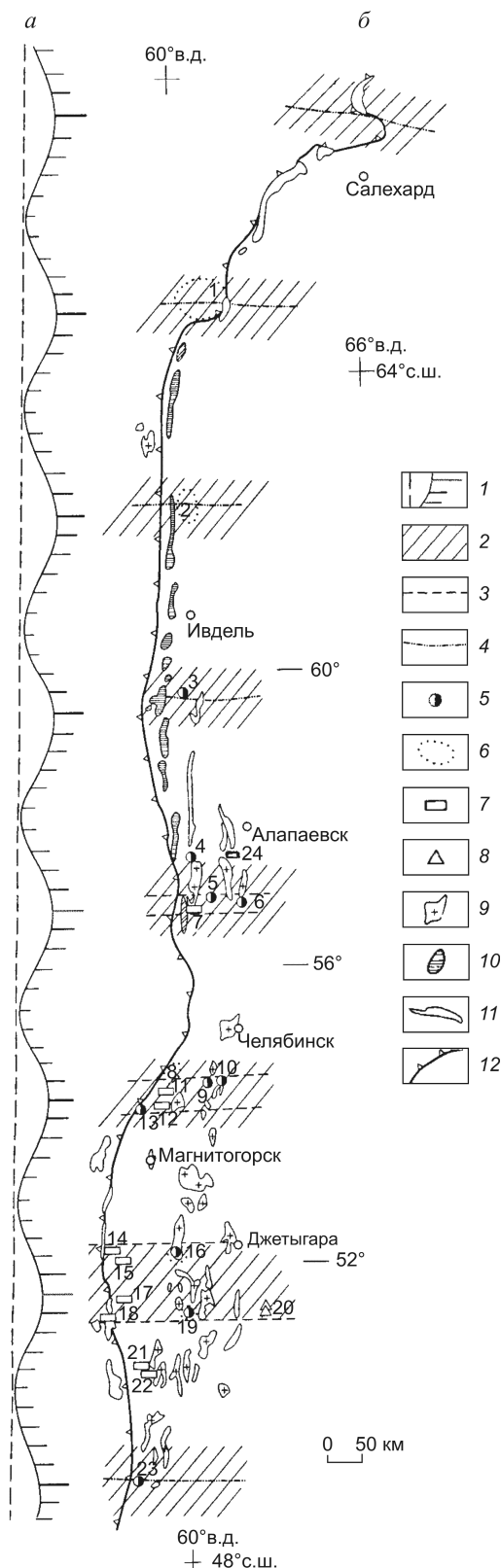


Рис. 1. Теоретическая периодичность астеносферных волн III размерного порядка и позиций на них адвективных ячеек IV порядка (а), позиция металлогенических суперрайонов с месторождениями цветных металлов и золота на Урале (б):

1 — волновые осложнения III порядка и позиция адвективных ячеек IV порядка; 2 — площади металлогенических суперрайонов; 3 — их наиболее продуктивные контуры; 4 — их центральные оси (линии); наиболее крупные месторождения: 5 — золоторудные, 6 — их группы и золотороссыпные районы, 7 — цинково-медноколчеданные, 8 — медно-порфировые; крупные массивы интрузивных пород (показаны для привязки к геологическим контурам Урала): 9 — гранитоидные, 10 — дунит-клинопироксенит-габбровые, 11 — дунит-гарцбургитовые; 12 — Главный Уральский разлом (надвиг); золотороссыпные районы: 1 — Кожимский, 2 — Северо-Сосьвинский; месторождения: 3 — Воронцовское, 4 — Быньговское, 5 — Березовское, 6 — Гагарское, 7 — Дегтярское, 8 — Муртыкты, 9 — Светлинское, 10 — Кочкарское, 11 — Учалинское, 12 — Верхнеуральская группа (Узельга и др.), 13 — Миндяк, 14 — Юбилейное, 15 — Подольское, 16 — Айдырлинская группа, 17 — Гайское, 18 — Блявинское, 19 — Кумакская группа, 20 — Бенкала и Южная Бенкала, 21 — Приорское, 22 — 50 лет Октября, 23 — Юбилейное, 24 — Сафьяновское

медно-скарновые, золото-кварцевые и россыпи). К югу от Гайско-Подольской полосы ось следующей полосы попала на наиболее крупное здесь Юбилейное месторождение золота.

Показанные на схеме суперрайоны охватывают месторождения, принадлежащие к разным рудным и магматическим формациям, к тому же разного времени формирования от раннего силура до раннего карбона включительно. Естественно, возникает вопрос: насколько правомерно выделять глубинные геологические структуры (астеносферные поднятия), которые определяют размещение магматических очагов, разновозрастных и разнотипных по геодинамическим обстановкам зарождения. Рассматривать их совместно в единых системах III порядка позволяет то, что последние развиваются в сто раз длительнее очаговых систем IV порядка [1, 2]. Это следует из теории подобия медленных пластических деформаций, протекающих в гравитационном поле [5], а именно:

$$C_{\eta} = C_{\rho} \cdot C_g \cdot C_{\eta} \cdot C_t \quad (3)$$

где C_{η} , C_{ρ} , C_g , C_{η} , C_t — коэффициенты подобия соответственно вязкости, плотности, ускорения силы тяжести, линейного размера, времени.

$$\text{Так как } C_g = 1, C_{\rho} \approx 1, \text{ то } C_{\eta} \approx C_{\eta} \cdot C_t \text{ и при } C_{\eta}^3 \approx C_{\eta} \\ C_{\eta}^2 \approx C_t \quad (4)$$

Иначе говоря, длительность развития соответствующих фаз адвекции в подобном процессе возрастает на два порядка при увеличении размера системы на один порядок (при коэффициентах подобия температуропроводности, разуплотнения, ускорения силы тяжести, близких к единице). Очевидно, что существовавшие в раннем силуре

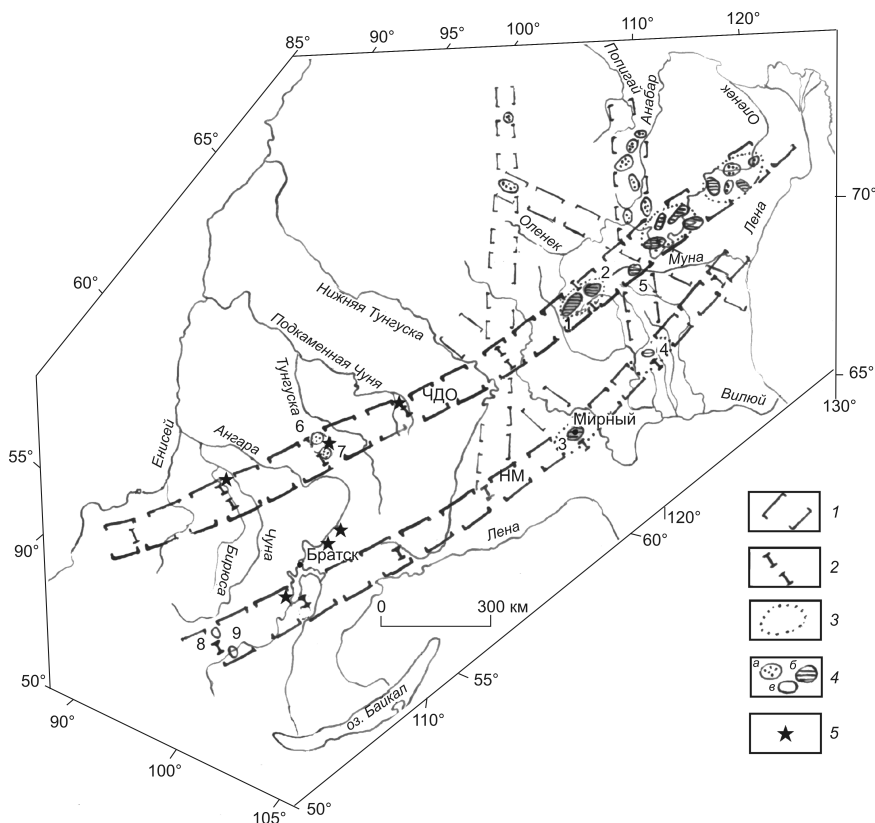


Рис. 2. Позиция алмазонасных суперрайонов в линейентах Восточно-Сибирской провинции и предпосылки к локализации иных районов с алмазонасными структурами и магматизмом, схема составлена с использованием материалов [3, 4, 13, 14]:

1 — контуры линейентов, определяющих минерагенические зоны (пояса): ЧДО — Чадобецко-Далдыно-Оленекского, НМ — Накынско-Мирнинского; 2 — ожидаемые максимумы положительных фаз волновых короблений литосферы вдоль простираия флексуры (линейента), обеспечивающих максимальную возможность развития магматизма в минерагенических областях (суперрайонах) при длине волны ≈ 300 км; 3 — приблизительные контуры суперрайонов; 4 — контуры алмазонасных районов и полей с кимберлитами и родственными породами (мезозойского (а), палеозойского (б), допалеозойского (в) возрастов) 1 — Алакит-Мархинского, 2 — Далдынского, 3 — Мирнинского, 4 — Накынского, 5 — Мунского, 6 — Тайчикуно-Нембинского, 7 — Чадобецкого, 8 — Белозиминского, 9 — Окинского; 5 — присутствие алмазов в аллювии

поднятия астеносферы сохранились, по крайней мере частично, вплоть до раннего карбона.

Суперрайоны как части минерагенических поясов и зон могут быть выделены и в алмазонасных системах (рис. 2) [3]. Геология алмазов имеет две особенности: первая — размещение кимберлитов и родственных им пород не в середине рифтогенов и авлакогенов, а в их плечах, вторая — относительно малая роль расплавных фаз в кимберлитах. Это может свидетельствовать о принципиально иных условиях зарождения адвекции глубинных толщ, чем это происходит над «горячими» глубинными валами (типа срединно-океанических или такого, какой был под Уралом). В платформенных усло-

виях главную роль может играть флексура разуплотненных глубинных толщ, в которой происходит увеличение вертикальной мощности пород и тем самым достигается критическое число Рэлея в упомянутой формуле, где мощность в числителе возводится в третью степень [3]. Объединение алмазоносных полей и районов в более крупные таксоны — суперрайоны (минерагенические области) как системы III размерного порядка — не имеет строго определенного критерия. Оно в большей мере опирается на волновые закономерности проявления адвекции с характерной для этих систем длиной адвективной волны около 300 км, если системы имеют мантийное заложение [1, 2].

Известные разломно-авлакогенные (они же минерагенические) зоны или пояса, например Далдыно-Оленекская, Накынско-Мирнинская в Восточной Сибири, на рис. 2 проэкстраполированы за их пределы в виде линеаментов. В юго-восточном линеаменте расстояние между Мирнинской и Накынской группами кимберлитов, которые относятся к полям, а не суперрайонам, составляет около 300 км. Это дает право пока считать их возможными центрами суперрайонов (областей).

В соответствии с изложенным от Далдыно-Алакитского суперрайона, а также от Мирнинского поля через шаг 300 км можно наметить максимумы возможных положительных фаз глубинных волн, которые могут соответствовать центрам суперрайонов. Они намечены и там, где могут находиться мезозойские алмазоносные образования, а среднепалеозойские кимберлиты, если они присутствовали, перекрыты молодыми толщами.

На втором и четвертом шагах к юго-западу от Далдыно-Алакитского суперрайона находятся площади, где, по данным работы [13], присутствуют алмазы в аллювии (это соответственно район верховьев рек Северная и Южная Чуя, Северная и Южная Таймура; район рек Чуна, Бирюса). На третий шаг попадает район с Тайчикуно-Нембинским и Чадобецким полями, где выявлены трубки мезозойских кимберлитов [14]. В Накынско-Мирнинской минерагенической зоне на расстоянии в три шага от Мирнинского поля, т.е. к югу от Братского водохранилища, присутствуют алмазы в аллювии, а на четвертом шаге расположены Белозиминское и Окинское поля [13].

Итак, теоретические закономерности адвекции, тектонофизические эксперименты, рельеф астеносферы по геофизическим данным в современных тектонически активных областях, а главное — распределение групп месторождений в палеообстановках свидетельствуют о том, что в модель неоднородной продуктивности минерагенических поясов и

зон должна включаться волновая закономерность с шагом около 300 км всплесков магматизма с сопутствующими полезными ископаемыми. Места этих всплесков и прилегающие к ним территории на расстоянии до 60–80 км (два–три рудных узла) в обе стороны могут выделяться как потенциальные суперрайоны, заслуживающие наиболее пристального внимания. Позицию центра нового суперрайона в металлогенических поясе или зоне можно прогнозировать, отступая на расстояние около 300 км от центра известного суперрайона или скопления наиболее продуктивных рудных районов, узлов, крупных месторождений.

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. Периодическое размещение алмазоносных систем и смежные проблемы геологии алмазов // Отечественная геология. 2006. № 6. С. 20–35.
4. Барышев А.С. Связь кимберлитового магматизма с элементами геодинамики на Сибирской платформе // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж, 2005. С. 43–49.
5. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. — М.: Наука, 1975.
6. Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С. Введение в тектонофизику. — М.: КДУ, 2005.
7. Макдоналд Г. Вулканы. — М.: Мир, 1975.
8. Методическое руководство «Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов». Серия выпусков. — М.: ЦНИГРИ, 2002.
9. Модели месторождений благородных и цветных металлов. Серия выпусков. — М.: ЦНИГРИ, 2002.
10. Обзор геологических понятий и терминов в приложении к металлогении / Отв. ред. Е.Т.Шаталов. — М.: Изд. АН СССР, 1963.
11. Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля и кобальта / М.Б.Бородаевская, А.И.Кривцов, А.П.Лихачев и др. — М.: Недра, 1987.
12. Рамберг Х. Сила тяжести и деформации в земной коре. — М.: Недра, 1985.
13. Секерин А.П., Егоров К.Н., Меньшагин Ю.В., Лаценов В.А. Проблемы алмазоносности юго-западной части Сибирской платформы // Отечественная геология. 1999. № 1. С. 15–18.
14. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. — М.: Недра, 1998.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ



УДК 553.411:550.812.1

© И.А.Кубанцев, 2011

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ЗОЛОТО: ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ И ИХ ПРИЧИНЫ (по оценке аналитиков компании *GOLD FIELDS LTD*)

И.А.Кубанцев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

TEMPORAL VARIATIONS IN THE WORLD GOLD EXPLORATION AND MINING PRODUCTION: Major controls (as seen by the Gold Fields Experts)

I.A.Kubantsev

По инициативе руководства крупной международной горнодобывающей компании *Gold Fields Ltd**, проводящей геологоразведочные работы и эксплуатацию золоторудных объектов в Южной Африке (Витватерсранд), Гане (Тарква), Австралии (Сент-Ив, Калгурли; Агню, Йилгарн) и Южной Америке (Серра Корона, Перу), в 2009 г. группой австралийских экспертов, представляющих *Gold Fields Ltd*, университет штата Западная Австралия и консалтинговую фирму из Мельбурна, выполнен анализ изменения во времени ряда ключевых показателей эффективности геологоразведочных работ (ГРР) на золото [4]. Экспертами рассмотрены:

количество ежегодно открываемых золоторудных месторождений;

среднее содержание Au в рудах открываемых месторождений;

эффективность геологоразведочных работ на золото в денежном выражении;

доля участия крупных, средних и мелких компаний в открытии, разведке и освоении золоторудных месторождений.

Авторами учтены данные по 3730 золоторудным месторождениям, ресурсы каждого из которых превышали 3,1 т (100 тыс. тройских унций) металла. В рассмотрение включены и те месторождения, из которых золото извлекается попутно (например месторождения типа Олимпик Дэм и золотоносные медно-порфиоровые). В обзоре использованы оценки ресурсов золота объектов на начало их эксплуатации. Даты открытий установлены для 1375

месторождений, ресурсы каждого из которых превышают 3,1 т Au. Ресурсы 760 из них превосходят 31,1 т (1 млн тройских унций), а суммарные ресурсы таких месторождений составляют 146 500 т Au. Большинство рассмотренных месторождений располагаются в странах Запада или в пределах сферы их преобладающего экономического влияния (исключены только страны бывшего СССР, Восточной Европы, а также КНР).

Особенности исходных данных. Фактографическая основа обзора — информационные документы компаний и правительственных агентств; использованы и собственные данные компании *Gold Fields Ltd*. Авторы признают неполноту этих сведений. Так, малое число месторождений, открытых за последние 3–5 лет, объясняется запаздыванием информации о результатах ГРР. Другие информационные пробелы возникли из-за недостатка сведений об относительно мелких объектах и ограниченности сведений о результатах ГРР и хронологии открытий из стран «плановой экономики».

Показано, что оценки ресурсов месторождений увеличиваются во времени, а для получения статистически устойчивой оценки ресурсов объекта требуется несколько лет. Такой прирост ресурсов объекта после его открытия авторы относят на счет первооткрывателя, а дата открытия при этом не меняется. Примеры — ресурсы руды в месторождениях-спутниках, руды которых обрабатываются на том же предприятии, что и руды основных месторождений. Подход обосновывается тем, что в боль-

* По сообщению главного должностного лица компании Н.Холанда на Denver Gold Forum 22 сентября 2010 г, суммарные запасы Au на контролируемых ею месторождениях превышают 2400 т, а годовое производство металла составляет 110 т (<http://www.gowebcasting.com/conferences/2010/09/20/denver-gold-forum/day/3>, посещение 07.10.2010).

шинстве случаев рост ресурсов разрабатываемых месторождений дискретен, а ГРП, проводящиеся в сфере влияния добывающего предприятия, направлены на поддержку существующего режима его работы, а не на увеличение производительности. Исключения составляют открытия, которые кардинально меняют представления о масштабе рудного объекта. Такими можно считать открытие месторождений Пибл Ист (Pebble East) на Аляске, США (компания *Northern Dynasty Minerals*) и Благодатное, Красноярский край, Россия (компания *Полюс-Золото*). Условно принято, что такое открытие должно увеличить ранее известные ресурсы металла на порядок или довести их до 62 т (2 млн. тройских унций).

Любое новое отдельное месторождение, выявленное в пределах эксплуатируемого (известного) рудного поля, например располагающегося на продолжении структуры относительно известных объектов, также относилось к новым месторождениям в границах известного рудного поля.

Авторы указывают, что их база данных неизбежно содержит неточности и неопределенности. Зачастую сложно определить, кем и когда открыто то или иное месторождение. Так, в базе данных указано, что месторождение Ойю-Толгой (Монголия) открыто в 2002 г. геологами компании *Ivanhoe Mines Ltd*, а не их коллегами из *BHP Billiton Ltd* в конце 90-х. Геологи из *BHP Billiton* установили, что Ойю-Толгой — крупное золотоносное медно-порфириновое месторождение, но не дали адекватной оценки масштаба этой рудно-магматической системы.

На основе изучения зависимости суммарные ресурсы — количество известных месторождений предполагается, что база данных включила 72% общего числа месторождений, заключающих 95% ресурсов известных золоторудных объектов. Относительно месторождений, ресурсы которых превышают 31,1 т металла, авторы полагают, что их база данных содержит сведения о 86% общего числа месторождений, заключающих 97% ресурсов золота таких месторождений.

Итоговые значения, использованные авторами при составлении обзора, получены при введении поправок на возможность пропуска месторождений и занижение оценок ресурсов известных месторождений, открытых за последние шесть лет. Введение поправок основано на эмпирической авторской оценке вероятного значения прироста ресурсов известных месторождений во времени, а также на оценке ресурсов новых месторождений по общей оценке интенсивности ГРП и данным недавно завершённых горно-буровых работ. Приводимые в

обзоре сведения о затратах на ГРП заимствованы из сводок *Metals Economic Group* за 1992–2009 гг. Хронологически более ранние оценки выполнены сотрудниками *MinEx Consulting* по сводкам соответствующих правительственных агентств. Кроме того, использованы работы Дж. Тилтона с соавторами [6] и А. Уоллеса [7, 8]. Цены приведены к уровню 2009 г.

Количество и качество открываемых золоторудных объектов. За период с 1950 по 1975 гг. объем инвестиций государств и горнорудных компаний в ГРП в среднем составлял примерно 100 млн. дол. в год. Интенсивные, проводимые на высоком научно-методическом уровне ГРП, оплачиваемые из госбюджетов, время от времени давали впечатляющие результаты, причем преимущественно в малоосвоенных районах (Мурунтау, СССР, 1958 г.; Олимпик Дэм, Австралия, 1975 г.). В пределах Витватерсранда отдельные открытия глубоко залегающих объектов сделаны и после 1950 г. по мере пополнения геологических знаний об этом крупнейшем золоторудном объекте Земли.

В период с 1950 по 1979 гг. в Южной Африке открыто 18 месторождений, запасы каждого из которых превышали 31,1 т, а в 1980–2009 гг. — только 11. Суммарные ресурсы этих месторождений составили соответственно 9950 и 2330 т металла. Динамика прироста мировых ресурсов первичного золота показана на рис. 1.

Достижения в технологии разработки месторождений и обогащения руд 50–60-х годов стимулировали внедрение в практику ГРП моделей золото-порфириновых месторождений, что привело к серии открытий соответствующих объектов в огромном Тихоокеанском регионе.

В конце 70-х годов XX в. в результате стечения благоприятных для горнодобывающей промышленности обстоятельств наступило «золотое время» для поисков, разведки и разработки золоторудных месторождений. Инвестиции в ГРП возросли почти десятикратно: так, в период между 1980 и 1989 гг. среднегодовые затраты на ГРП превышали 2,2 млрд. дол. Рост инвестиций совпал с ростом цены на золото и удешевлением банковских кредитов. В этот период новыми объектами вложения капитала в горнодобывающем бизнесе стали юниорные (малые) компании.

Рост объема ГРП в 80-х годах ознаменовался рядом важных открытий в районах традиционной добычи золота (Большой Бассейн, Невада, США; кратон Йилгарн, Западная Австралия). В 1988 г. ресурсы открытых золоторудных месторождений достигли максимума. Были получены важные технологические решения для процесса извлечения

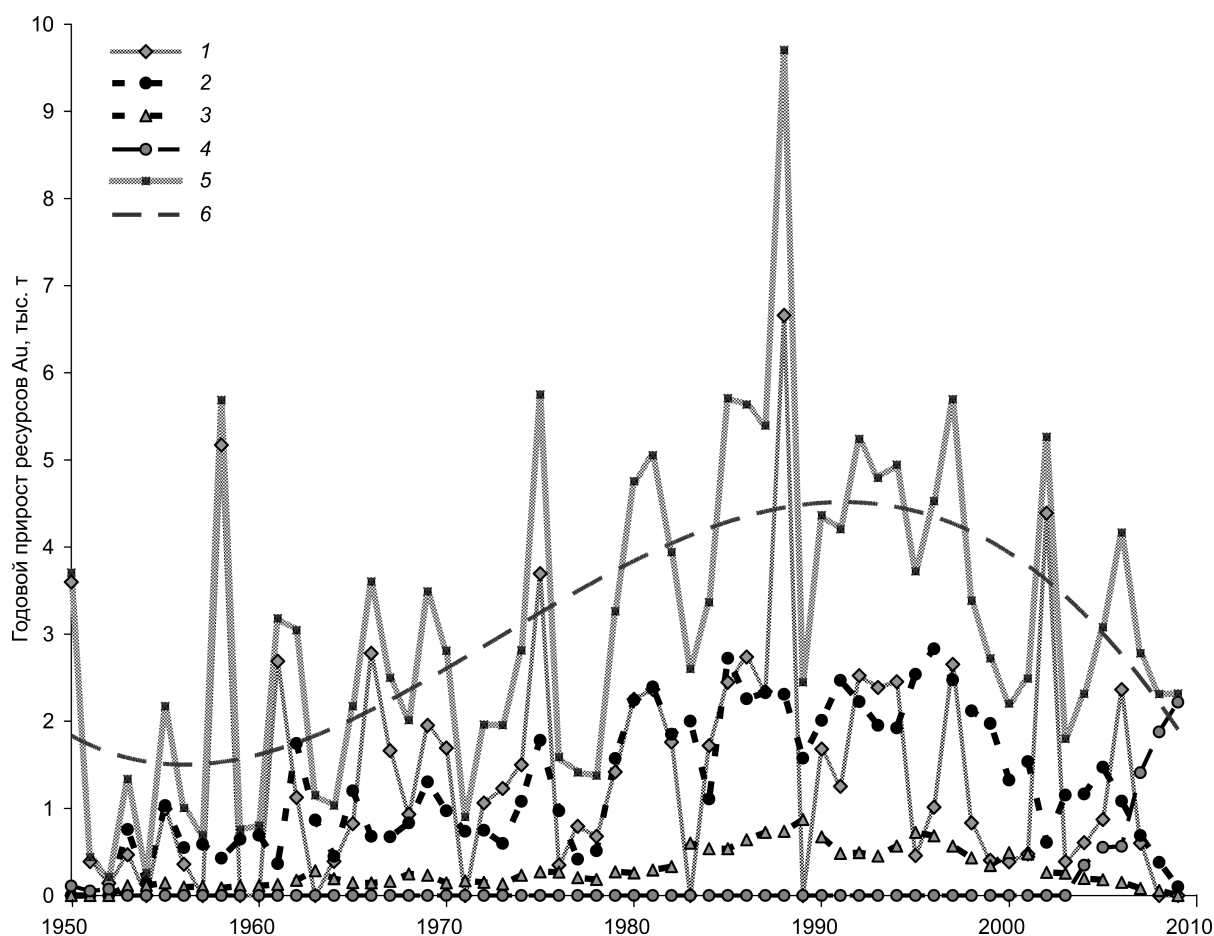


Рис. 1. Годовой прирост мировых ресурсов золота за счет открытия новых месторождений с 1950 по 2009 гг., по [4]:

категории крупности месторождений (по оценке ресурсов Au): 1 — крупные, >300 т, 2 — средние, 30–300 т, 3 — мелкие, <30 т, 4 — нет данных; 5 — суммарный годовой прирост ресурсов; 6 — осредненная кривая для 5

золота из бедных окисленных руд, повышена чувствительность методов определения золота в горных породах, что предоставило возможность прямого определения металла в рядовых геохимических пробах. Был достигнут прогресс в понимании процессов формирования золотоносных кор выветривания, стали доступны данные региональных геофизических съемок и дистанционных методов исследования земной поверхности. Все это способствовало повышению результативности ГРР.

В 90-х годах для использования современных методов поисков и разведки рудных месторождений стали доступны новые регионы: южноамериканские Кордильеры, запад Африки, некоторые страны Азии. Результаты появились быстро: Янакоча в Перу, пояс Кениэта в Мали и проч.

В начале 80-х годов был достигнут максимальный прирост ресурсов золота при наибольшем

количестве открываемых за год новых месторождений, после чего эти показатели неуклонно снижаются. В конце 80-х ежегодный прирост ресурсов золота, содержащегося в открываемых месторождениях, превосходил 6200 т, а соответствующий показатель 2010 г. оценивается в 2500 т металла (с учетом поправок на уже упоминавшуюся неполноту изучения и занижение оценок). Ресурсы обнаруживаемых месторождений примерно уравнились с объемом мирового производства первичного металла. За последние 30 лет доля Южной Африки в общемировом производстве золота уменьшилась как в абсолютном, так и в относительном выражении. Доля открываемых в Южной Африке новых золоторудных объектов в их общемировом количестве также уменьшилась. В течение последнего десятилетия мировое производство золота практически стабилизировалось, изменяясь в пределах

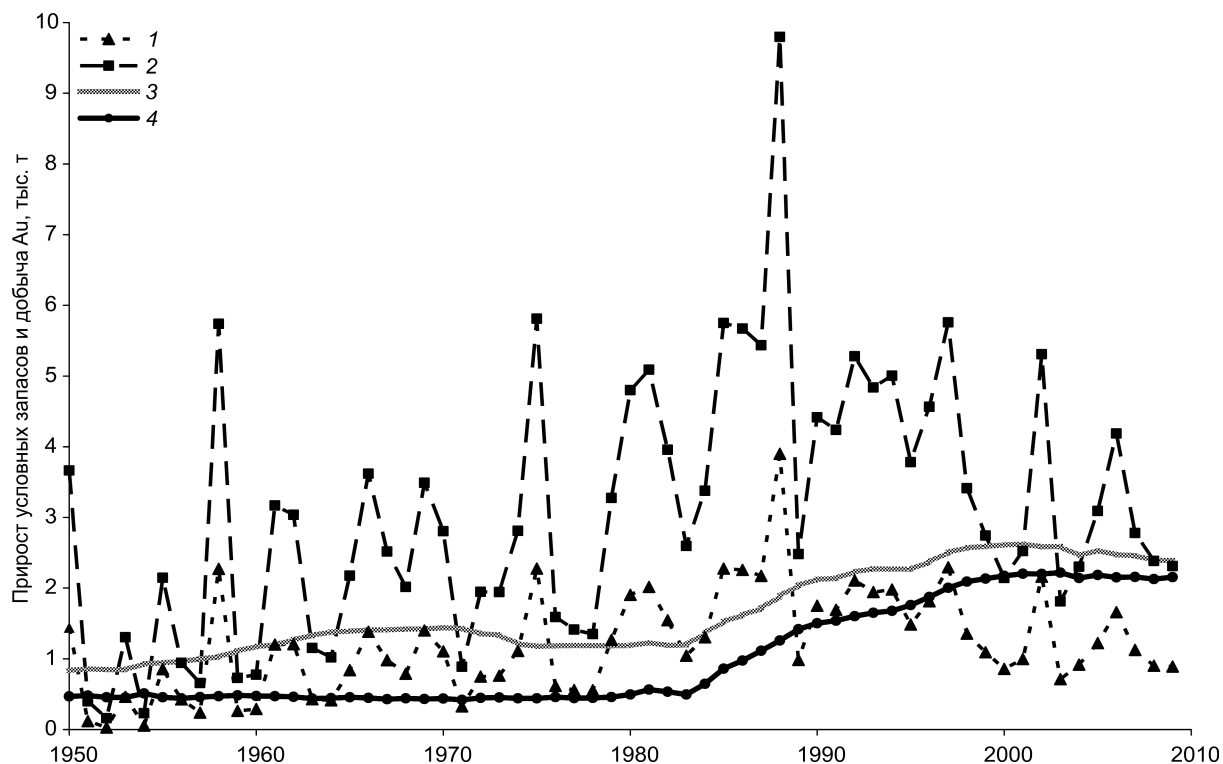


Рис. 2. Ежегодный прирост условных запасов золота по результатам ГРР (включая попутное золото месторождений других металлов) и добыча первичного золота в странах Запада, по [4]:

1 — предположительно 40% ресурсов конвертируются в запасы; 2 — 100%-ная конвертация; 3 — ежегодная добыча первичного золота; 4 — то же, без Южной Африки

2300–2500 т в год (рис. 2), что примерно соответствует ресурсам открываемых месторождений. Разброс данных при оценке связи ресурсов и запасов широк. Авторы обзора полагают, что в категорию запасов в среднем переходит 60–80% ресурсов. Иногда ресурсы вообще не переходят в категорию запасов. Кроме того, из-за неизбежных технологических потерь запасы металла в недрах никогда полностью не становятся металлом. Следовательно, в течение последнего десятилетия не удалось восполнить убыль ресурсов золота за счет разработки месторождений. Для того чтобы поддерживать существующий уровень производства золота, добывающая промышленность будущего должна эксплуатировать результаты открытий прошлых десятилетий. Очевидно, такое развитие не может считаться устойчивым.

Примерно с 1990 г. отмечается тенденция к увеличению доли ресурсов слабо изученных объектов (находящихся на стадии детальной разведки — ТЭО) по отношению к базе ресурсов действующих и подготавливаемых к эксплуатации предприятий (рис. 3). Отчасти это можно объяснить усложнением условий ведения бизнеса из-за экологических и

законодательных ограничений, ведущих к увеличению числа законсервированных и заброшенных объектов. В периоды бума правительства некоторых стран пытались нарастить свою долю прибыли от деятельности золотодобывающих предприятий, что затрудняло осуществление соответствующих проектов. Ранее интервал времени в 5–10 лет считался сроком, приемлемым для согласований и получения всех разрешений, необходимых для реализации крупного проекта, теперь этот срок увеличился.

Еще одна из возможных причин увеличения периода освоения золоторудных месторождений это то, что не все ресурсы можно отнести к промышленным при существующих ценах на золото. Такое положение возникает из-за неблагоприятных особенностей состава руд, невысокого содержания промышленно ценных компонентов, недостаточно развитой инфраструктуры или технологических проблем. В рудах месторождений, открытых в период с конца 50-х годов по 2008 г., среднее содержание Au снизилось примерно с 8 до 1 г/т (рис. 4). Такое понижение среднего содержания Au в рудах свидетельствует о возможности

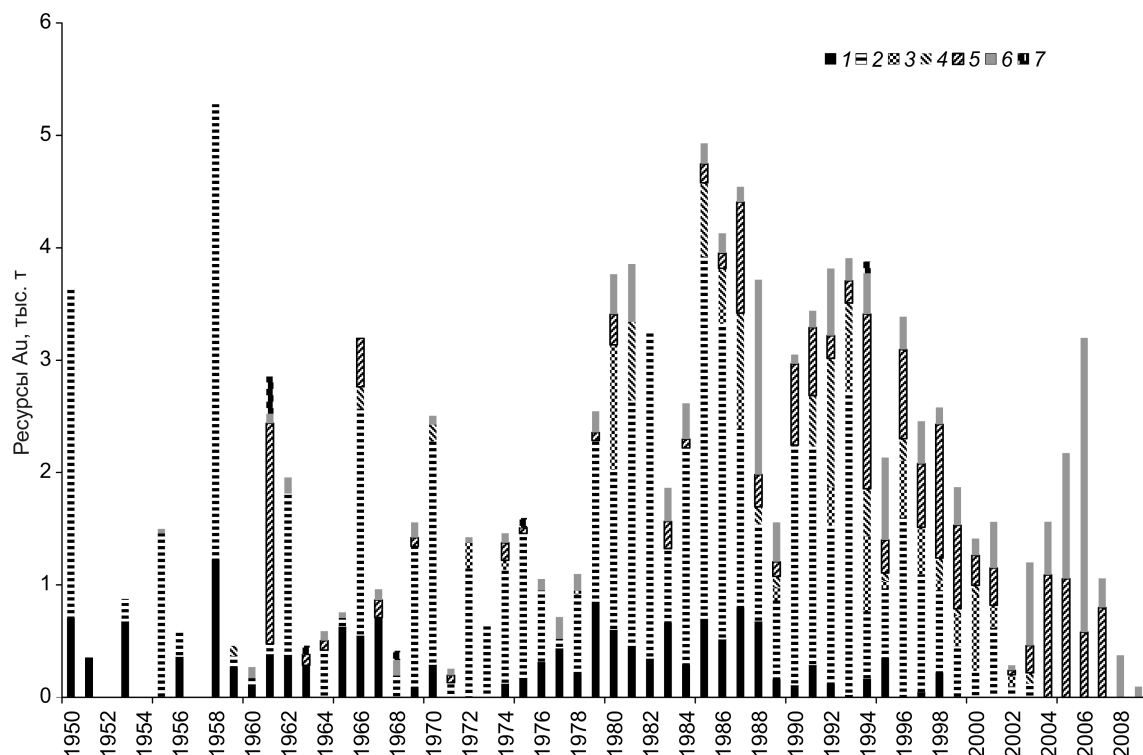


Рис. 3. Статус ресурсов золота по годам открытия месторождений (включены только данные по собственно золоторудным месторождениям), по [4]:

1 — отработанное месторождение; 2 — эксплуатируемое месторождение; 3 — обустройство месторождения; 4 — объект законсервирован; 5 — технико-экономические исследования; 6 — детальная разведка; 7 — статус неизвестен; для объектов, открытых после 2003 г., оценка ресурсов не приводится в тех случаях, когда они официально не объявлены или недостаточно изучены

разработки в будущем еще более бедных руд. Авторы обзора отмечают, что некоторые объекты с преимущественно бедными рудами, например эпитермальные месторождения «high sulfidation», могут рентабельно эксплуатироваться благодаря «удобной» конфигурации рудных тел и высокому коэффициенту извлекаемости, достигаемому при использовании малозатратной технологии кучного выщелачивания. В то время как технология открытой разработки в сочетании с современной технологией извлечения золота дает возможность разрабатывать все более бедные руды, тенденция к убыванию среднего содержания золота в рудах все еще позволяет предполагать, что в будущем разработка месторождений потребует дальнейшего совершенствования технологии эксплуатации объектов с бедными рудами. Если это так, то цена на золото будет расти.

Эффективность инвестиций в геологоразведку: ретроспектива и факторы влияния. Инвестиции в ГРП на золото до конца 70-х годов XX в. — времени начала подъема цены на металл — были

весьма умеренными (рис. 5). Подъем и стабилизация повышенной цены на золото, совпавшие с внедрением усовершенствований в технологию извлечения металла из окисленных руд, обусловили быстрый рост инвестиций в эту отрасль промышленности с 1980 г. (рис. 6). На гребне волны инвестиций оказались юниорные (малые) компании. Благоприятная обстановка для компаний, специализированных на проведении ГРП, сложившаяся в середине 80-х годов, совпала с удешевлением банковских кредитов. Высокая цена на золото весьма способствовала привлечению рискованного капитала в геологоразведку. Возник глобальный бум вложений в ГРП на золото, производимых главным образом в традиционных регионах золотодобычи — Австралии, США и Канаде. Несмотря на некоторые флуктуации циклического характера, можно утверждать, что за последние 20 лет среднегодовой объем инвестиций в геологоразведочные работы на золото составлял примерно 2,4 млрд. дол. США; из них примерно 1 млрд. дол. потрачен на поиски и разведку золоторудных месторождений в неосвоенных регионах.

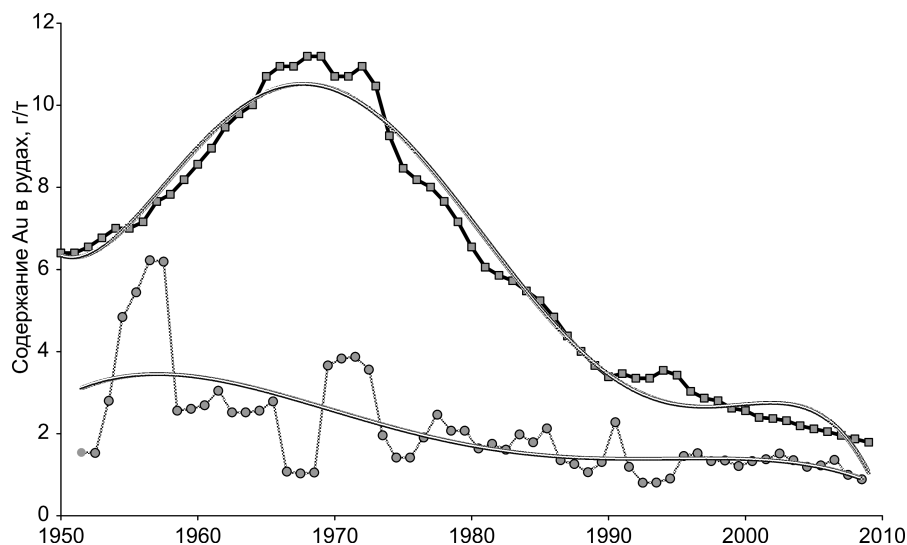


Рис. 4. Изменения во времени среднего содержания золота в рудах разрабатываемых месторождений (верхняя кривая) и открываемых объектов с запасами >30 т (нижняя), по [4], составителем добавлены осредняющие линии:

данные для верхней кривой в цитируемой работе взяты из работы Г.Мадда [5] и дополнены по личному сообщению М.Фелуза

С 80-х годов уже более половины инвестиций в ГРР на золото приходится на юниорные компании. По данным Metal Economic Group за 2008 г., на них пришелся 71% всех инвестиций в ГРР на золото, сделанных на Западе. Следовательно, немалая

часть инвестиций в поиски и разведку месторождений золота шла не столько на возобновление минерально-сырьевой базы промышленности, сколько на нужды склонных к риску людей, проводивших ГРР в малоосвоенных районах. Потрясения, такие как кризис в Персидском заливе (1990 г.), крупный скандал с подлогом данных ГРР в компании *Bre-X* (1997 г.), совпавший с финансовым кризисом в некоторых странах Азии, падение курса компаний в 2000 г. и совсем недавний кризис 2008 г. — все это резко ограничило доступ-

ность рисковому капиталу (недорогих банковских кредитов) и, следовательно, сократило инвестиции в ГРР на золото. Значения хронологических минимумов инвестиций отличаются от максимумов по амплитуде примерно втрое. Вероятно, циклический характер ставки рефинансирования рисковому капиталу и изменчивость объема инвестиций сохранятся в будущем. Цикличность свойственна и деятельности крупных компаний, хотя выражена не столь контрастно. Для них характерны близкий к стабильному уровень расходов на ГРР и нацеленность геолого-разведочных работ на возмещение извлеченных ресурсов минерального сырья.

Уже отмечалось, что вложения в изучение неосвоенных территорий составляют примерно 1 млрд. дол. в год. В периоды бума

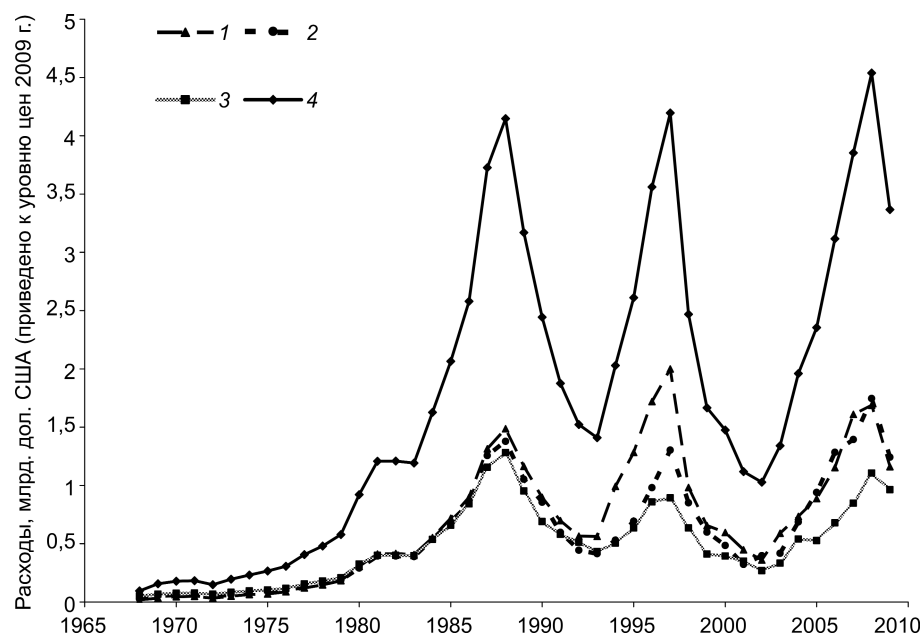


Рис. 5. Объем и структура расходов на ГРР в странах Западной Европы (1968–2009 гг.), по [4]:

1 — поиски; 2 — разведка; 3 — эксплуатационная разведка; 4 — всего

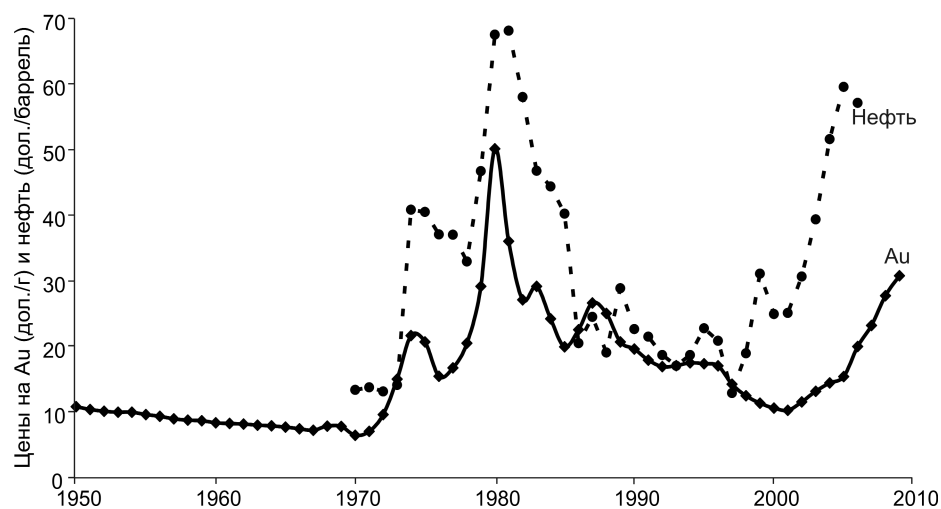


Рис. 6. Изменение цен на золото (1950–2009 гг.), по [4] и нефть (1970–2008 гг.), по [2]

эти вложения увеличиваются и используются главным образом юниорными компаниями.

Себестоимость открытия 1 г Au в виде ресурсов за последние 40 лет выросла более чем в 10 раз (рис. 7). Так, в 50–60-х годах она составляла 0,10 дол. США, к 80-м выросла до 0,60 дол., в 2000-х годах — примерно 1,50 дол. По крайней мере частично это связано с долговременным ростом составляющих затрат, резко увеличившихся во время последнего сырьевого бума и отражающих существенное уменьшение стоимости запасов месторождения в недрах, отнесенной к сумме всех затрат на ГРП, связанных с его открытием (удельной доходности инвестиций в ГРП). Максимальные значения этого показателя отмечены в середине 60-х годов, когда он достиг 50:1, и в начале 80-х — 30:1 (рис. 8). Первый максимум относится к периоду

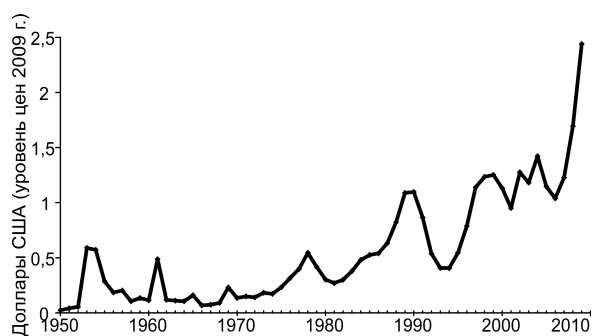


Рис. 7. Затраты на открытие 1 г Au (ресурсы в недрах) в странах Запада, по [4]:

объекты, где золото является попутным компонентом, исключены

активного освоения золотоносных порфировых месторождений Тихоокеанского региона и нескольких объектов в пределах Витватерсранда. Максимум 80-х годов связан с общим повышением цены на золото и внедрением новых технологий его извлечения из руд. С 80-х годов до середины 2000-х удельная доходность инвестиций неизменно снижалась от 30:1 к 6:1. Дальнейшее

снижение этого показателя едва ли возможно по экономическим соображениям. Для того чтобы показать, где сейчас «золотые жилы» в прежнем понимании этого словосочетания, отметим, что 1 дол. затрат, вложенных в участие голливудского актера Шиа Лабёфа в сериале «Трансформеры», принес 81 дол. прибыли; скромнее доходность участия актрисы Са-ры-Джессики Паркер в широко известном сериале «Секс в большом городе» — 17 дол. на 1 дол. затрат [1].

Вклад инфляции в снижение общей эффективности ГРП остается не оцененным; вопрос требует дальнейшего изучения.

Факторы, увеличивающие стоимость открытия золоторудного месторождения, таковы:

повышенная средняя цена на золото в последнее десятилетие стала источником средств на проведение ГРП по выявлению новых ресурсов золота. Юниорными компаниями для этого привлекается финансовый (заемный) капитал, а крупными компаниями используется определенная часть корпоративного денежного потока. Неясно, привел ли рост цены на золото к пропорциональному росту отчислений на ГРП у средних и крупных производителей;

сохранение районов традиционной золотодобычи в качестве предпочтительных для размещения инвестиций в ГРП. Ожидается прогрессивное уменьшение ресурсов, лишь частично восполняемое открытиями в менее освоенных районах;

отмечается зарождение тенденции к проведению ГРП на закрытых территориях, особенно в хорошо изученных районах. Эти работы весьма затратны, а их результаты пока скромны. В отрасли еще предстоит отладить методический «инструментарий» и взаимодействие групп разноплановых

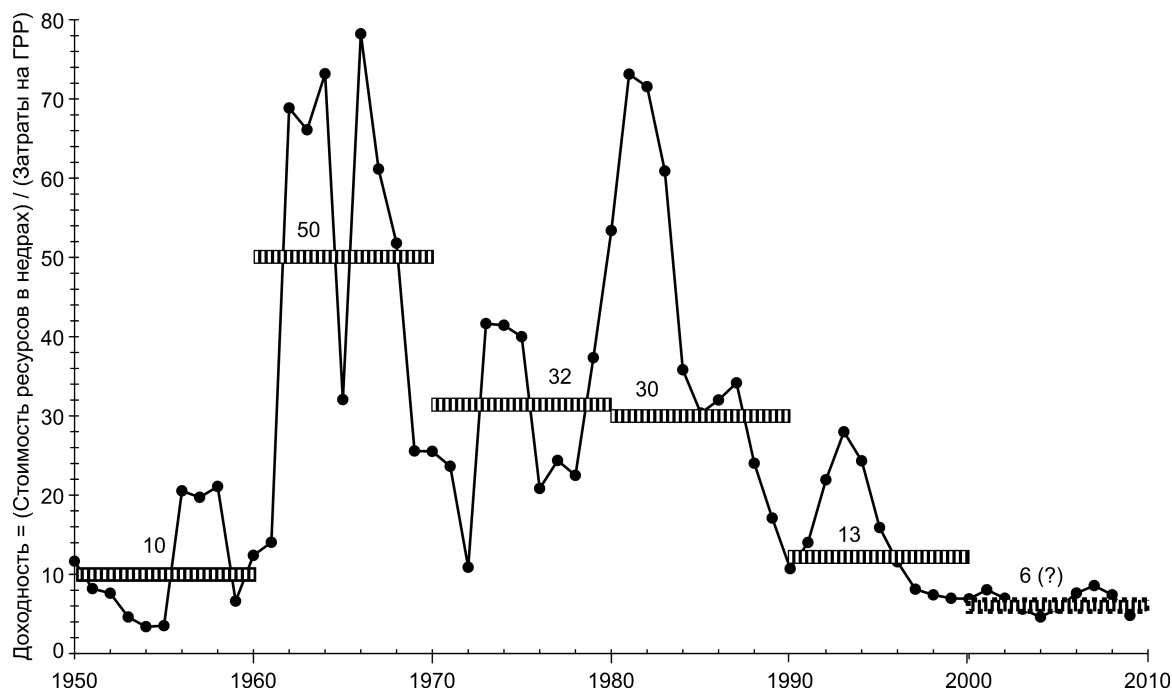


Рис. 8. Отношение стоимости ресурсов золота в недрах к затратам на ГРР для стран Запада в 1950–2009 гг., по [4]:

ступени и числа около них — средние значения по десятилетиям

специалистов для поисков глубокозалегающих золоторудных месторождений;

инвестициям в ГРР на новых территориях препятствуют недостаточность и (или) невысокое качество геологической и геофизической информации, недостаточная развитость инфраструктуры, проблемы юридического и коммерческого характера, а также трудности с обеспечением безопасности персонала. Отдаленность районов проведения ГРР и неразвитость в них инфраструктуры резко увеличивают расходы на ГРР.

Явное предпочтение, отдаваемое инвесторами геологическому изучению освоенных территорий в течение минувшего десятилетия, а также в периоды инвестиционного бума, отражает стремление поддержать действующую структуру горнодобывающих предприятий и рыночную стоимость активов за счет открытия новых ресурсов.

Требование рынка к устойчивости функционирования и предсказуемости действий его участников выражается в необходимости размещения значительной доли инвестиций в ГРР на освоенных территориях. Здесь ГРР зачастую результативны, но открываемые объекты в большинстве не столь велики, как ранее открытые разрабатываемые месторождения, их руды беднее, а затраты на открытие новых ресурсов велики.

Объем ГРР в освоенных районах возрастал за счет проектов исследования неосвоенных территорий, где период окупаемости инвестиций длителен, а риск потерь выше. Компании, не имеющие возможности долго ждать результатов ГРР (а таких немало), предпочитают не работать на неосвоенных территориях. По иронии судьбы, открытия крупных объектов на неосвоенных территориях — главный фактор снижения удельных затрат на прирост ресурсов золота.

Изменчивость финансового рынка в отношении финансирования ГРР, в особенности юниорных компаний, создала барьер для ГРР на неосвоенных территориях, где практических результатов приходится ждать 3–5 лет.

В периоды сокращения финансирования как крупные, так и малые компании сокращают расходы на ГРР и зарплату геологического персонала, что приводит к нарушению преемственности поколений.

Дж.Холлидэй [3] показал, что пять крупных мировых золотодобывающих предприятий, активы которых в сумме составляют 12% мировых, производят за год >9 т Au, работают на базе золотосодержащих медно-порфировых месторождений. Примерно половина ресурсов золота не освоенных промышленностью объектов с ресурсами >230 т приходит-

ся на золотоносные медно-порфиновые месторождения. Порфиновые месторождения — крупные, относительно легко обнаруживаемые объекты, для которых разработаны общепринятые генетические модели. Естественно, это желанные объекты поиска геологов. В то же время, содержание золота в рудах таких месторождений невысокое, а освоение требует значительных капиталовложений. Поэтому вкладывание средств в ГРП на этот тип месторождений, особенно расположенных в удаленных районах, может стать проблемой.

Кто важнее: крупные компании или «юниоры»? Понижение эффективности ГРП отчасти связано с возрастанием роли юниорных компаний, основная продукция которых — информация о запасах минерального сырья в недрах, а периоды получения максимальной прибыли приходятся на периоды бума поисков и разведки золоторудных месторождений.

Юниорные компании — полноправные участники процесса оценки ресурсов и предварительной экономической оценки, проводимого в соответствии с принятыми нормами. Они могут быть вовлечены в оценку объектов, руды которых по запасам и (или) качеству не будут отвечать запросам промышленности. Крупные горнодобывающие компании, в случаях когда по поводу объекта возникают подобные подозрения, обычно свертывают работы. В крупных компаниях за счет их собственных средств формируются денежные потоки, которые позволяют осуществлять выборочное инвестирование объектов ГРП в течение бизнес-цикла (*промежуток времени между одной и той же фазой смежных во времени периодов подъема и спада горнодобывающего производства.* — И.К.). Кроме того, крупные добывающие компании могут собственными силами осваивать месторождения. В отличие от них финансирование юниорных компаний сильно зависит от конъюнктуры рынка. Возможности получения ими кредитов весьма переменчивы.

Сравнение эффективности работы юниорных и крупных компаний по удельной доходности инвестиций в ГРП показывает, что в период с 1992 по 2008 гг. у этих структур она была примерно одинаковой. Однако среднестатистическая юниорная компания открывает месторождения менее крупные или с более бедными рудами, так что удельная доходность вложений в ГРП у нее ниже. В конечном счете открытие нового месторождения среднестатистической юниорной компанией обходится дороже, чем крупной. Несмотря на это, важно понимать, что юниорные компании жизненно важны для деятельности золотодобывающей

промышленности; некоторые из них имеют отличные показатели как в денежном выражении, так и по числу найденных объектов. Дж.Холидэй [3] отметил, что около 2/3 общего числа месторождений открыто персоналом малых и средних компаний. При подходе, использованном этим автором, часть средних компаний может относиться и к горнодобывающим предприятиям полного цикла. Несмотря на это, вероятность проведения ГРП на непромышленном объекте в периоды бума выше для юниорных компаний, поскольку на них приходится большая доля финансирования, доступного в эти фазы бизнес-цикла.

Рассматривая длительные периоды развития отрасли, авторы выражают мнение, что собственно механизм рыночного финансирования и сроки, необходимые для введения в эксплуатацию нового объекта, подразумевают несколько менее эффективную работу юниорных компаний.

В среднем за период с 1992 г. по настоящее время на крупные горнорудные компании приходится около 55% ресурсов золота открытых месторождений (24 354 т против 19 926 т у «юниоров»), а затрачено на это около 43% средств, отпущенных на ГРП. Мера эффективности ГРП — стоимость единицы массы ресурса золота. С 1992 г. этот показатель для крупных компаний составляет примерно 0,8 дол. США за 1 г, для «юниоров» — 1,35 дол. Это неудивительно: ведущие компании способны подпитывать ГРП собственными денежными потоками, они же предпочтительно ориентированы на крупные объекты, представленные богатыми рудами. Им удается открывать более крупные объекты: соответствующее среднее значение ресурсов золота составляет 80 т против 50 т у «юниоров», геологами крупных компаний открыто почти 60% из числа самых значительных объектов. Постоянное и надежное финансирование создает хорошую основу для устойчивого продвижения крупных компаний к поставленным целям, при этом здесь сохраняются необходимый уровень профессиональных знаний и объем технологических навыков.

В отличие от крупных компаний циклический характер горнодобывающего бизнеса сильно и не всегда благоприятно сказывается на деятельности юниорных. Последние несут существенно более тяжелые потери во время неблагоприятных фаз бизнес-цикла, но могут гораздо быстрее обогатиться во время благоприятных периодов. «Юниоры» склонны специализироваться на быстро реализуемых предложениях, кажущихся надежными. Это — частичное объяснение предпочтений, отдаваемых в периоды бума инвестициям в геологоразведочные работы на освоенных территориях. Одинаковая

ориентация крупных и юниорных компаний на проведение ГРП в освоенных районах с их непрерывно сокращающимся фондом неоткрытых месторождений вносит свой вклад в уменьшение общей эффективности ГРП. Ее оценками служат ресурсы открываемых месторождений и масса золота в виде ресурсов, приходящихся на единицу затрат на ГРП.

Перспективы инвестиций в ГРП на золото.

Авторы обзора полагают, что для поддержания золотодобывающей промышленности на существующем уровне производства металла в течение нескольких последующих десятков лет и исправления тенденции к удорожанию открытий новых объектов необходимо следующее:

сотрудничество золотопромышленников с правительственными органами, направленное на осуществление долгосрочных программ изучения и поддержания качества ГРП. Золотодобывающая промышленность сильно нуждается в объективных данных, освещающих изменение вероятности открытия новых месторождений на осваиваемых территориях, а также в геологически закрытых районах;

развитие кооперации крупных и юниорных компаний для уменьшения влияния неблагоприятных периодов бизнес-цикла на финансирование ГРП. «Юниоры», участвующие в такой кооперации, увеличат потенциал освоения неосвоенных территорий, а их финансирование стабилизируется. Существующая схема инвестирования, согласно которой средства на ГРП в основном поступают «юниорам», судя по ее результирующему воздействию на рынок, не столь эффективна, как хотелось бы;

значительные, увеличивающиеся во времени вложения в ГРП на неосвоенных территориях для поддержания устойчивого режима функционирования отрасли. Такие вложения средств должны осуществляться преимущественно крупными компаниями и играть роль демпферов для юниорных компаний в течение неблагоприятных фаз бизнес-цикла;

поддержание цены на золото выше уровня влияния инфляции на затраты, что позволит ввести в действие многочисленные нерентабельные горнодобывающие предприятия, включая базирующиеся на золотоносных медно-порфировых объектах. Возможно, что наблюдающийся повышенный уровень цен на медь отражает начало структурно обновленного роста на минеральное сырье. Общемировое производство первичного золота в минувшем десятилетии достигло исторического максимума, после чего устойчиво пошло на спад.

Не вполне понятно, можно ли его остановить. Стабильно высокая цена на золото могла бы стать ключевым долгосрочным решением, если не удастся увеличить число открываемых промышленных месторождений. Другой вариант — инновационные технологии позволят значительно сократить расходы на разработку руд и (или) извлечение золота. Не исключаемое в будущем обложение горнодобывающих предприятий налогом на выбросы углекислоты в атмосферу способно обострить существующие проблемы в отрасли. Любое повышение затрат автоматически удлиняет список забалансовых месторождений;

при планировании ГРП — присвоение приоритета объектам с потенциально богатыми рудами;

существенное повышение эффективности ГРП через внедрение новых приемов, методов и технологий, разрабатываемых на основе постоянно совершенствуемых концептуальных моделей месторождений минерального сырья, знания о которых своевременно распространялись бы среди специалистов соответствующего профиля;

совершенствование приемов открытой разработки рудных месторождений и кучного выщелачивания бедных руд, благодаря которым среднее содержание Au в рудах эксплуатируемых месторождений понизилось до 1,1 г/т;

продолжение исследований, направленных на осуществление крупнообъемной подземной отработки месторождений бедных руд, добываемых сейчас только открытым способом. Возрастание роли подземной отработки вполне предсказуемо из-за постоянного ужесточения экологических и социальных требований к объектам горнорудной промышленности.

Совпадение ряда благоприятных обстоятельств в конце 70-х годов дало начало «золотому времени» для ГРП на золото и стимулировало рост производства этого металла (1981–1995 гг.). К таким обстоятельствам относятся:

существенный рост цены на золото, удешевление кредитов и облегчение доступа к ним, породившие множество юниорных компаний, специализирующихся на проведении ГРП;

быстрое освоение горнодобывающей промышленностью ряда инновационных методов изучения недр, технологий разработки месторождений и извлечения полезных компонентов;

вовлечение ряда новых рудных провинций в общемировой геологоразведочный процесс.

Выводы, сделанные авторами обзора, таковы.

Золотодобывающая промышленность продемонстрировала свою жизнеспособность в условиях недавнего кризиса, но ее «золотое время», веро-

ятно, подходит к концу. Ощутимы негативные тенденции в результативности ГРР и добыче металла. Несмотря на заметный рост и существенный объем капиталовложений, открывается все меньше месторождений богатых руд, а затраты на открытие единицы массы ресурсов золота увеличиваются. Продолжает падать результативность традиционных методов поисков и разведки месторождений в известных районах добычи золота.

Для того чтобы ослабить или обратить вспять эти тенденции, необходимо внедрять новые методы ГРР, разработки и обогащения минерального сырья. Неотъемлемая часть инновационной политики — финансовая поддержка обучения персонала и стабильно успешной работы исследовательских подразделений соответствующего профиля в течение всего бизнес-цикла, включая фазы бума и спада. Инвестиции понадобятся для проведения ГРР в малоосвоенных регионах и на перекрытых территориях, примыкающих к хорошо изученным золотоносным геологическим структурам. Все это потребует осуществления долгосрочных исследовательских программ, единения промышленности и науки ради достижения технологических прорывов в отрасли.

Развитие золотодобывающей промышленности и восполнение ресурсов золоторудных месторождений потребуют пополнения и корректировки корпоративных денежных потоков, направляемых на нужды ГРР.

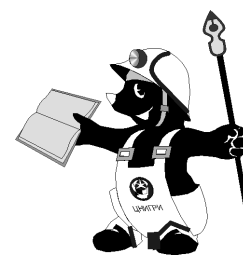
Крупные горнодобывающие программы, отдающие ГРР в малоисследованных районах на откуп «юниорам», сильно рискуют. Единственная значительная находка на такой территории эквивалентна внушительному бонусу, который будет лакомым куском для компании любого размера. Крупным компаниям важно выработать и поддерживать особый подход к ГРР на малоизученных территориях, чтобы через открытие крупных золо-

торудных объектов поддерживать или даже улучшить состояние отрасли на длительный период. Крупные компании и «юниоры» должны искать и находить рациональные пути взаимодействия на неосвоенных территориях на протяжении всего бизнес-цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Burman J.* Hollywood's Most Valuable Actors, <http://www.forbes.com>, посещение 01.11.2010.
2. *Crude oil price history: 1950–2008*, <http://www.oilism.com/oil/2007/12/15/crude-oil-price-history-1950-2008>, посещение 01.11.2010.
3. *Holliday J.R.* (2009) Gold discovery and gold in porphyry deposits: an overview: NewGenGold Conference, Perth, 23–24 November. P. 185–193.
4. *McKeith T.D., Schodde R.C., and Baltis E.J.* (2010) Gold Discovery Trends // SEG Newsletter. April 2010. No. 81. P. 20–26.
5. *Mudd G.M.* (2007) Sustainability reporting in the gold mining industry: The need for continual improvement // Society for Sustainability and Environmental Engineering, International Conference on Engineering Sustainability, Perth, November 1, Proceedings. P. 257–265.
6. *Tilton J.E., Eggert R.G., and Lansberg H.H., eds.* (1988) World mineral exploration: Trends and economic issues. // Washington D.C. Resources for the future, Inc. P. 343–349.
7. *Wallace A.R.* (1992) 1990 Mineral exploration statistics, United States and Canadian companies // Econ. Geol. Vol. 87. P. 463–468.
8. *Wallace A.R.* (1993) 1991 Mineral exploration statistics, United States and Canadian companies // Econ. Geol. Vol. 88. P. 495–504.

РЕЦЕНЗИИ



УДК 553.412'495 (575.1)

© В.А.Коваленкер, 2011

О КНИГЕ А.Е.КАБО «АКТЕПИНСКОЕ СЕРЕБРОРУДНОЕ ПОЛЕ В УЗБЕКИСТАНЕ — НОВЫЙ ОБЪЕКТ ПЯТИЭЛЕМЕНТНОЙ ФОРМАЦИИ»*

В.А.Коваленкер (ИГЕМ РАН)

A.E.KABO, AQ-TEPE SILVER CAMP, UZBEKISTAN: A NEW FIVE-ELEMENT MINERALIZATION – A REVIEW

Kovalenker V.A.

Книга с таким названием написана автором, имеющим многолетний опыт изучения рудных месторождений Чаткало-Кураминского региона (Восточный Узбекистан). Она базируется в значительной степени на личных материалах автора — руководителя и непосредственного исполнителя геологических работ на объекте, главного геолога Актепинской геолого-поисковой партии. Объем книги 284 страницы, включая 81 рисунок, 42 таблицы и список литературы из 228 наименований. Данная монография является наиболее полной сводкой, в которой характеризуется очень интересное по геологическому строению, минералогии и геохимии руд, условиям образования Актепинское рудное поле, справедливо отнесенное к пятиэлементной формации, богато серебром ее типу. Особый интерес к этому объекту обусловлен тем, что он является практически первым представителем данного типа месторождений на территории бывшего СССР (ныне СНГ).

Рассматриваемая монография состоит из предисловия, четырех частей, заключения, списка литературы и отзывов.

В первой части приводятся общие сведения о серебре, его свойствах, применении, мировом потреблении, производстве и динамике цен на этот металл (глава 1), данные об истории открытия характеризуемого рудного объекта, методике его исследований (преобладает бурение, подземные горные выработки имеют подчиненное значение), физико-географический очерк (глава 2), геолого-структурные особенности и рудоносность Чаткало-Кураминского региона и позиция в его пределах

Актепинского рудного поля (глава 3). Кроме того, в главе 3 приведены литературные и авторские данные об особенностях слагающих регион осадочных, вулканогенных, метаморфогенных и интрузивных формаций, тектонического строения (подчеркнута роль кольцевых и линейных вулканотектонических структур), о последовательности их формирования. Важное место в главе уделено сведениям о рудоносности Узбекистана в целом и Чаткало-Кураминского региона, в частности. При этом автор акцентирует внимание на ряде объектов, выявленных им в каледонских породах Чаткальского хребта (Беляуты-Парлисайская площадь, в сланцах O_2-S_1 , массивах тоналитов-трондьемитов и сложных по составу дайках лампрофир-тоналитового состава S_2-D_1). В заключительной части главы рассмотрена геолого-структурная позиция Актепинского рудного поля, подчеркнута его главная особенность — приуроченность сереброносных жил к одноименному массиву габброидов, находящемуся в узле пересечения трех разнонаправленных зон повышенной проницаемости — Кумбель-Кенкольской, Кочбулак-Актепинской и Сарвакской.

Вторая часть (главы 4–8) представляет наибольший интерес, поскольку содержит наиболее полные данные о геологическом строении рудного поля и выделенных в его пределах участков. В главе 4 изложены подробные сведения о магматических образованиях — Актепинском интрузиве и прорывающих его более молодых (C_3-P_1) интрузивных, субвулканических и дайковых образованиях щелочного, кислого и основного составов.

* Кабо А.Е. Актепинское серебряное поле в Узбекистане — новый объект пятиэлементной формации. — М.: ЦНИГРИ, 2010.

Подробно рассмотрены петрографические и петрохимические особенности основных рудовмещающих пород — габброидов, представленных массивом переслаивающихся лейко-, мезо- и меланократовых габбро (формация габбро), а также прорывающего штока формации монцогаббро. Безусловно, значительный интерес представляет анализ данных различных исследователей о возрасте магматических пород и оруденения.

В главе 5 анализируются структурные особенности рудного поля. Важная роль в локализации большинства из многочисленных субпараллельных, сопрягающихся и пересекающихся сереброносных жил и прожилков автором отводится Кумбель-Кенкольской зоне повышенной проницаемости, имеющей северо-западное направление. Наибольший геологический интерес, на наш взгляд, представляет глава 6, где охарактеризованы все известные в настоящее время участки (по представлениям А.Е.Кабо — потенциальные месторождения) Актепинского рудного поля. К наиболее изученным, прошедшим стадию поисковой оценки, относятся участки Тогры и Центральный. Первый из них расположен в западной части поля. Он детально изучен с поверхности (канавы, бульдозерные траншеи, врезы дорог и площадок) и на глубину до 250–450 м от поверхности. Скважинами и подземными горными выработками вскрыто и в отдельных случаях прослежено по простиранию значительное количество сереборудных тел и структур. Участок Центральный расположен в южной и юго-западной частях Актепинского рудного поля. Изучен поверхностными горными выработками и скважинами на глубину до 200–250 м от поверхности. Вскрыто и прослежено по простиранию и на глубину несколько десятков рудных тел и рудоносных структур. Остальные участки рудного поля — Восточный, Южный, Джусалы, Родниковый — пока изучены только на стадии поисков, а участок Северный, расположенный в 2 км к северу от границы Актепинского интрузива, практически не исследован. Ценность рассмотренных в главе 6 материалов заключается в том, что при описании каждого из названных участков автор монографии дает конкретные рекомендации по дальнейшему их изучению.

Во второй части описаны проявленные в Актепинском рудном поле структурно-морфологические типы рудных тел. Среди всего многообразия карбонат-сереборудных тел А.Е.Кабо выделяет семь основных структурно-морфологических типов: I — протяженные рудные жилы (удлиненные плиты, линзы, диски), II — тела косоугольного приоткрытия в трещинах скола (рудные линзы и столбы в

искривлениях трещин), III — рудные столбы в сопряжениях и разветвлениях трещин (в том числе типа «конский хвост»), IV — рудные столбы в пересечениях трещин, V — сложные зоны «лестничного» типа, VI — рудные столбы в трещинах, экранированных контактами неблагоприятных пород, VII — рудные столбы и линзы при пересечении рудоносной трещиной наиболее благоприятных пород (меланогабброидов). В главе 8 приведены результаты статистической обработки данных (>70 тыс. проб), характеризующих мощности рудных жил и прожилков, содержания в них серебра и сопутствующих компонентов. Отмечены широкое варьирование мощности сереброносных карбонатных прожилков, жил и сложных зон оруденелых разломов — от первых миллиметров до 11,4 м, крайне неравномерное и неустойчивое содержание в них Ag от первых грамм на 1 т до десятков и (редко) сотен килограмм на 1 т.

В третьей части монографии на основе литературных и авторских материалов рассмотрены метасоматические преобразования вмещающих пород, минералого-геохимические особенности руд и условия их образования. Приведены данные о характере дорудных площадных метасоматитов пропилютовой формации, развитых по породам различного состава. Околорудные метасоматиты, сопровождающие непосредственно серебро-арсенидную минерализацию в габброидах, сформированы в несколько стадий и представлены формацией лиственитов. Их мощность варьирует от первых сантиметров до первых метров и хорошо сопоставляется с таковой рудных жил и прожилков. Сумма новообразованных минералов достигает 90–95%. Значительный интерес представляют данные об особенностях минерального состава актепинских руд и условиях их образования. В основу положены материалы, которые получены специалистами ИГЕМ РАН при выполнении тематических исследований в рамках хозяйственных работ и изложены в ряде публикаций. Актепинские сереборудные жилы и прожилки сложены в основном карбонатами, редко кварцем, баритом и (или) флюоритом с переменными количествами минералов самородного серебра, арсенидов, сульфидов и сульфосолей. Среди них диагностировано порядка 60 рудных минералов (самородные элементы, сульфо-, моно-, ди- и триарсениды, сульфиды, сульфосоли, оксиды, треть из которых представляют разнообразные минералы серебра, принадлежащие к системам Ag-Sb-Hg, Ag-Cu-Sb-As-S и Ag-Pb-Bi-S, что обеспечивает экстремальный уровень концентрации серебра (до десятков – сотен килограмм на 1 т) в рудах. Показано, что формирование руд происходило в течение трех стадий: раннеруд-

ной кварц-сульфидной, основной рудной серебро-арсенидной и послерудной цеолит-кальцитовой. Формирование серебро-арсенидной минерализации осуществлялось в температурном интервале 280–100°C из растворов повышенной солёности (13–19 мас. % экв. NaCl). Ранние высокотемпературные слабопродуктивные на серебро ассоциации отлагались из кипящих, содержащих CO₂, слабодиссоциированных растворов, недосыщенных серебром. С прекращением кипения, снижением температуры до 200°C и ростом pH до 5–6 достигалось насыщение по самородному серебру, а затем акантиту, на долю которых приходится большая часть актепинского серебра. Дальнейшее охлаждение и относительный рост окислительного потенциала, обусловленные смешением относительно высокотемпературных и высокосолёных рудоносных гидротерм с более холодными аэрированными метеорными водами, ведут к отложению сульфидов и сульфосолей серебра.

Особое место в монографии занимает четвертая часть, посвященная факторам рудоконтроля, критериям поисков и прогнозирования (главы 12, 14) и формационной принадлежности оруденения (глава 13). Среди рудоконтролирующих и рудо локализирующих факторов, включающих структурные, литолого-петрографические, физико-химические, наиболее ярко, по мнению автора, проявлен контроль оруденения разрывными нарушениями двух (реже трех) систем, а также наиболее мафитовыми разновидностями габброидов. Подробно рассмотрены физико-химические факторы, а также критерии поисков и прогнозирования оруденения актепинского типа. В первую очередь автор отмечает геохимические, геофизические, а также археологические. При этом во вторичных ореолах, по его мнению, наиболее информативно Ag, далее следуют халькофильные элементы — As, Bi, Pb, Au, Cu, Mo. Значительное место в этой части монографии уделено геофизическим методам. Детально рассматриваются результаты выполненных на площади рудного поля магниторазведочных работ и интерпретации оконтуренной аномальной области. Сделан вывод о том, что данные магниторазведочных работ позволяют уточнить детали геологического строения рудного поля и выделить площади, потенциально перспективные на возможное размещение скрытых рудных зон.

Весьма интересными представляются приведенные в главе 13 данные по сопоставлению геолого-структурных и минералого-геохимических особенностей Актепинского рудного поля с некоторыми наиболее известными в мире рудными полями, провинциями и месторождениями пятиэлементной формации, в том числе Эко-Бей (Северо-Канадская провинция), Кобальт (Южно-Канадская провинция), Бу-Азер (Северо-Африканская провинция, Марокко), Яхимов (Центрально-Европейская провинция, Чехия), Фрайберг и др. (Центрально-Европейская провинция, Германия). Как показано на основе выполненного анализа, всем этим объектам, как правило, присущи общие черты. Делается заключение о том, что Актепинское рудное поле характеризуется сходными с типичными месторождениями пятиэлементной формации геолого-структурной позицией, приуроченностью оруденения к разновидностям пород, обогащенных мафическими минералами, в данном случае к габброидам, структурно-морфологическими особенностями рудных тел, их химическим и минеральным составами, характером околорудных метасоматитов. При этом наибольшее сходство Актепинское рудное поле имеет с известным рудным районом Кобальт-Гоуганда (Канада).

Весьма интересные и познавательные сведения приведены в завершающей книгу главе 14, которая посвящена широко проявленному в Актепинском рудном поле древнему горному промыслу.

В заключение отметим, что рассматриваемая монография — итог многолетнего труда автора, проделавшего огромную работу по суммированию и систематизации данных по Актепинскому рудному полю. Приводимые в книге сведения, безусловно, заинтересуют специалистов, изучающих месторождения благородных металлов, а также будут полезны для студентов и преподавателей вузов. Следует добавить, что А.Е.Кабо в течение многих лет занимался поисками и разведкой многочисленных месторождений в Чаткало-Кураминском регионе. Под его руководством и при его непосредственном участии были получены рассмотренные в книге интересные и по многим показателям уникальные данные.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

УДК 553.491.8

© А.П.Лихачев, 2011

ПРОГРАММА «ОЛИВИН» — ВКЛАД ЦНИГРИ

А.П.Лихачев (ЦНИГРИ Роснедра Минприроды России)

PROGRAMM «OLIVIN» — CONTRIBUTION OF TSNIGRI

A.P.Likhachev

Комплексная целевая программа «Оливин» предусматривала выполнение научно-исследовательских и геологоразведочных работ на 1985–1990 гг. и до 2000 г. по определению перспектив территории СССР на выявление месторождений металлов платиновой группы (МПГ). Она стала первым фундаментальным планом организации и реализации научных и производственных работ на МПГ, не имеющим аналогов. Программа разрабатывалась ЦНИГРИ в 1982–1983 гг. и была утверждена Мингео СССР в 1984 г. с общими ассигнованиями более 40 млн. руб. В ее создании участвовали многие другие организации Мингео СССР и АН СССР.

Разработка программы велась на базе многолетних исследований ЦНИГРИ (с 1961 г.), выполнявшихся под руководством проф. М.Н.Годлевского по известным и новым платино-медно-никелевым месторождениям и рудопроявлениям в Норильском районе, Карело-Кольском регионе, в пределах Воронежского кристаллического массива, Украины, Памира, Северного Прибайкалья, Камчатки и других территорий страны. В число основных исполнителей исследований входили А.Д.Баталиев, Е.В.Баташев, В.В.Ершов, А.В.Косьянов, В.И.Кочнев-Первухов, А.П.Лихачев, Г.Б.Попова, В.К.Степанов, Д.М.Туровцев, В.В.Юдина, И.А.Августинчик, В.Д.Бегизов, Е.С.Заскинд, Т.Е.Зенько, О.М.Конкина, Г.С.Румянцев и др.

В Норильском районе исследования ЦНИГРИ начались в связи с открытием уникального Талнахского месторождения, когда возникла необходимость быстрого и всестороннего его изучения в целях отработки оптимальной технологии извлечения ценных металлов и усовершенствования методов разведки, прогноза, поисков и оценки месторождений. Изучению подвергались не только руды, но и вмещающие их породы. Исследовались вопросы минералогии, петрографии, петрологии, геохимии и метаморфизма рудоносных и безрудных магматических образований Талнахского руд-

ного поля и Норильского района в целом. Разрабатывались теоретические аспекты петро- и рудообразования, зарождения и внедрения рудоносных и безрудных магм, механизмов и обстановок накопления рудного вещества, выявления комплексных поисковых признаков и критериев месторождений и многое другое.

Полученные первые результаты комплексных исследований нового Талнахского месторождения использовались при выполнении последующих геологоразведочных работ, приведших к увеличению масштабов Талнахского и открытию еще более крупного Октябрьского месторождения. В ходе изучения руд норильских месторождений были обнаружены новые рудные ассоциации и минеральные фазы никеля, меди, металлов платиновой группы, что способствовало выбору наиболее рациональных технологических схем переработки руд (В.В. Ершов, Г.Б.Попова, Л.В.Разин, В.Д.Бегизов и др.).

Самостоятельное значение, в первую очередь для теории рудогенеза, имеют петролого-геохимические и минералогические исследования норильско-талнахских интрузий и эффузивных толщ, вскрывающие причины уникального скопления рудного вещества (М.Н.Годлевский, А.П.Лихачев, Т.Е.Зенько, О.М.Конкина, В.К.Степанов, Д.М.Туровцев, В.А.Федоренко, В.В.Юдина). Впоследствии эти исследования проводились совместно с учеными Академии наук СССР, США и Канады.

В дальнейшем исследования приобрели общесоюзный характер и охватили многие другие территории страны: Карело-Кольский регион, Воронежский кристаллический массив, Северное Прибайкалье, Камчатку и Памир. Одновременно ЦНИГРИ (М.Н.Годлевский, А.П. Лихачев) курировал выполняемые в СССР научно-исследовательские, тематические и геологоразведочные работы на никель, МПГ и кобальт. Основная практическая задача этих работ состояла в укреплении и расширении сырьевой базы действующих предприятий страны.

К числу таких исследований относятся также экспериментальные и теоретические разработки А.П.Лихачева, который на примере медно-никелевых месторождений выявил ряд общих закономерностей поведения химических элементов в рудогенезе. Они использованы в построении генетических моделей рудонакопления и в технологических целях.

Работы ЦНИГРИ в Карело-Кольском регионе, начатые в 1965 г., были резко расширены в 1972 г. (М.Н.Годлевский, В.И.Кочнев-Первухов, Е.В. и Е.С.Баташевы, Е.С.Заскинд, Г.В.Земскова, О.М.Конкина и др.). Наибольшее внимание уделялось Печенгскому рудному полю, включая его глубокие горизонты. На основе составленной объемной карты рудного поля дана исчерпывающая оценка его перспектив, что позволило сконцентрировать геологоразведочные работы на выделенных первоочередных участках и выявить ряд промышленных объектов (Спутник, Верхнее и др.).

По платиновой тематике основные усилия были направлены на изучение платинометалльного оруденения сульфидных медно-никелевых месторождений Норильского, Печенгского, Мончегорского и Воронежского районов, массивов центрального типа (Кондерский и Инаглинский), расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов Карело-Кольского региона, платиноносных россыпей Урала, Центрального Алдана, Тувы, Кузнецкого Алатау и Корякии (В.Д.Бегизов, С.С.Богачев, Е.С.Заскинд, Г.В.Земскова, О.М.Конкина, В.И.Кочнев-Первухов, А.П.Лихачев, Л.В.Разин, С.Ф.Служеникин, В.В.Столяренко, Н.Н.Тучина, В.М.Шашкин и др.).

С начала 80-х годов выполнялись работы методического плана, касающиеся вопросов прогноза, поисков и оценки месторождений никеля и платиноидов. В результате разработаны прогнозно-поисковые модели основных типов платино-медно-никелевых и платиновых месторождений, составлен и опубликован ряд методических рекомендаций по рациональному проведению прогнозных, поисковых и оценочных работ на никель и металлы платиновой группы.

ЦНИГРИ разработана всесоюзная программа и возглавлялись научные и научно-методические работы по проблеме V Б.П.4/300.502(1) «Разработка и совершенствование научных основ крупномасштабного прогноза, методов поисков и оценки месторождений никеля, кобальта и платиноидов; обоснование направлений поисковых и разведочных работ в новых перспективных районах и районах действующих горнорудных предприятий» (1981–1985) гг.

Как головная организация ЦНИГРИ участвовал в разработках и выполнении долгосрочных программ и оперативных планов геологоразведочных и

тематических работ по Норильскому и другим районам. При этом, например, в программе работ на медно-никелевые и медные руды на севере Красноярского края (1981–1985 гг.) в задачи института входило решение основополагающих вопросов по темам: «Геолого-генетическое обоснование новых медно-никелевых месторождений в Норильском районе» (1981–1983 гг.) и «Определение закономерностей формирования руд на основе изучения рудоносного магматизма Норильского района» (1983–1985 гг.).

Таким образом, ЦНИГРИ имел прочный научный фундамент и большой опыт в исследованиях проблемы никелевых и платиновых месторождений, послуживших основой для разработки общесоюзной комплексной программы работ на МПГ под условным названием «Оливин».

Целевое задание программы «Оливин» включало выявление платиноносных объектов известных типов и оценки перспектив попутного получения МПГ за счет новых источников. К промышленно-платиноносным объектам относились собственно платиновые месторождения, связанные с габбро-норит-пироксенит-перидотитовой, габбро-пироксенит-дунитовой и щелочно-ультраосновной формациями, платино-медно-никелевые месторождения и платиноносные россыпи. В качестве новых источников попутного получения МПГ рассматривались медно-порфиновые, медноколчеданные, полиметаллические, титаномагнетитовые, хромитовые месторождения, а также силикатного никеля, железистых кварцитов, бурого железняка, меденосных углесодержащих и черных сланцев, нефтей, углей, фосфоритов, железомарганцевых конкреций, эфели, шлаки цветной и черной металлургии.

Для реализации целевого задания программы предусматривались следующие направления и задачи работ:

создание научных и методических основ прогноза, поисков и оценки месторождений МПГ. Предусматривались разработка геолого-генетических основ средне- и крупномасштабного прогнозирования, поисков и оценки месторождений МПГ; выполнение среднемасштабного районирования (м-бов 1:200 000 и 1:50 000) территории СССР на МПГ с выделением потенциальных рудных районов, полей и месторождений; комплексное изучение объектов МПГ; разработка оптимальных комплексов методов поисков и оценки месторождений МПГ, методики опробования на МПГ, высокочувствительных экспрессных методов анализа МПГ;

расширение минерально-сырьевой базы действующих предприятий. Прирост запасов по разведываемым и оцениваемым медно-никелевым и россыпным месторождениям. Создание новых сырьевых баз. Общие и детальные поиски коренных и

россыпных объектов на перспективных площадях. Ревизия металлоносности известных золотоносных россыпей. Попутные поиски при геологической съемке м-ба 1:50 000 и общих поисках на другие металлы.

оценка потенциала металлоносности базит-гипербазитовых комплексов с сульфидной, хромитовой, титаномагнетитовой и комплексной минерализациями, а также ультраосновных щелочных массивов.

оценка попутной металлоносности и комплексного использования минерального сырья месторождений: медноколчеданных, колчеданных полиметаллических медно-порфириновых, хромитовых, скарново-магнетитовых, силикатного никеля;

выявление новых источников минерального сырья: железистых кварцитов, бурых железняков, меденосных углесодержащих сланцев и песчаников, черных сланцев, нефти и нефтебитумов, углей и золы, фосфоритов, железо-марганцевых конкреций.

оценка металлоносности техногенных продуктов: эфелей на месторождениях перспективных типов, шлаков цветной и черной металлургии.

В состав исполнителей программы входили следующие организации: ЦНИГРИ (головная организация), ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ДВИМС, КазИМС, САИГИМС, ПГО Мингео СССР и Мингео РСФСР, АН СССР. По каждому из перечисленных направлений были определены конкретные объекты и территории, подлежащие исследованию, методы их изучения, опробования и анализа материалов с указанием организаций-исполнителей, сроков выполнения и объемов финансирования работ.

Для координации работ был создан специализированный Совет из ведущих специалистов — представителей организаций, участвующих в реализации программы.

Утверждение программы «Оливин» и ее последующая реализация мобилизовали большое количество коллективов и специализированных подразделений, охватывающих своей работой все регионы страны. Она востребовала проведение целенаправленных аналитических, теоретических, экспериментальных и полевых исследований.

Аналитические исследования сопровождались разработкой, приобретением и освоением принципиально новых прецизионных методов и уникальной сверхчувствительной аппаратуры для определения состава и количества МПГ, как и других элементов рудных образований и вмещающих их пород.

Теоретические работы были направлены на выявление и объяснение причин и условий локализации элементов платиновой группы (ЭПГ), закономерностей и обстановок проявления рудообразующих процессов, общих и частных факторов гео-

логического развития исследуемых регионов, разработку поисковых признаков и критериев, методов прогноза, поисков и оценки рудных объектов с созданием разноплановых моделей месторождений.

Полевые работы включали картирование, документацию и опробование перспективных магматических, осадочных и метаморфических комплексов с последующей обработкой и всесторонним изучением собранных материалов.

Для координации работ по программе «Оливин» ЦНИГРИ проводил всесоюзные совещания и рабочие заседания, на которых обсуждались состояние дел и дальнейшие направления исследований. Подразделения и специалисты ЦНИГРИ оказывали методическую помощь и консультации территориальным службам, особенно в части выполнения анализов МПГ. Геологические организации и районы работ на МПГ находились в кругу постоянного внимания ведущих сотрудников ЦНИГРИ — кураторов Мингео СССР, что способствовало оптимизации исследований.

Целесообразность и эффективность работ по программе «Оливин» были подтверждены уже на начальной стадии их выполнения. За первые три года были обследованы практически все перспективные регионы страны и выявлены основные платиноносные объекты, часть которых впоследствии переведена в разряд месторождений и потенциально значимых рудопроявлений. Исследовались мафит-ультрамафитовые комплексы Карело-Кольского региона, магматические и железорудные формации Воронежского кристаллического комплекса, Урала, щелочно-ультраосновные и ультраосновные массивы Восточной Сибири, Приморья, Камчатки и других территорий.

Наиболее важные результаты получены по Федорово-Панскому массиву Кольского полуострова. Здесь выявлены промышленно-платиноносные горизонты, дальнейшее изучение и разведка которых позволили подсчитать запасы и отработать технологию получения платиновых металлов, обосновать рентабельность эксплуатации новых объектов.

Намеченные программой «Оливин» работы на период 1985–1990 гг. в большей своей части выполнены. В дальнейшем требовались детализация полученных данных и более глубокое изучение выявленных перспективных объектов.

В конце 80-х и начале 90-х годов прошлого века в связи с распадом СССР возникли сложности в выполнении программы «Оливин». В большинстве районов работы на МПГ прекратились. На территории Российской Федерации они возобновились в 1992 г. По поручению Роскомнедра в Севморгео была составлена программа «Платина России»,

реализация которой продолжила начатые ранее исследования.

Работы ЦНИГРИ по программе «Оливин» включали участие сотрудников института в изучении, оценке и разведке с подсчетом запасов и защитой в ГКЗ платиновой россыпи массива Кондер, в открытии новой Маймеча-Котуйской платиноносной провинции и находящихся в ней рудных объектов, в выявлении в Карелии Луккулайсваарского горизонта МПГ. К ним относятся также подготовка рекомендации о проведении работ на россыпную платину в Корякии и на Камчатке (Палано-Ватынская зона), составление впервые карты никеленосности и платиноносности СССР м-ба 1:2 500 000, разработка методических руководств по количественной оценке ресурсов платиноидов.

Новая Маймеча-Котуйская провинция была открыта летом 1984 г. в ходе поисковых работ, выполнявшихся по рекомендации и с участием ЦНИГРИ Полярной геологической экспедицией Красноярского ПГО. Обоснование целесообразности постановки поисковых работ на МПГ в Маймеча-Котуйском регионе базировалось на установленных закономерностях связи состава рудных и силикатных составляющих мантийного вещества и доказательств принадлежности магматических проявлений щелочно-ультраосновной формации к платиноносным образованиям. Исходя из этих выводов и имеющихся геологических данных в ЦНИГРИ в 1983 г. была составлена и направлена в Мингео СССР Кураторская записка о перспективности и целесообразности постановки поисковых работ на платиноиды в пределах ультраосновных магматических тел Маймеча-Котуйской площади, послужившая основанием для включения в план ПГО «Красноярскгеология» на 1984 г. проведение поисков на россыпную платину в этом регионе.

К Маймеча-Котуйской провинции относится площадь распространения щелочно-ультраосновных интрузий, находящаяся в северо-западном обрамлении Анабарского щита. На ее территории насчитывается >10 интрузивных тел данной формации. Наиболее крупным из них является Гулинский массив, обнаруженный в 1943–1944 гг. Ю.М.Шейнманном и П.С.Фоминых. Он состоит из перидотит-дунитовой и пироксенит-перидотитовой частей, ассоциирующих с меймечитами и ультращелочными породами.

В начале 1984 г. на основе Записки ЦНИГРИ в Полярной экспедиции был составлен и утвержден в НТО «Красноярскгеология» Проект на поиски МПГ в районе Гулинского, Кугдинского и Бор-Урхского массивов Маймеча-Котуйской провинции, 1984–1986 гг. Проектом предусматривались проведение сети поисковых маршрутов на Гулин-

ском (~ 380 км²), Кугдинском (16,5 км²) и Бор-Урхском (18,5 км²) массивах, опробование аллювиальных отложений путем проходки «пахорных» (подводных) канав и с помощью бурения скважин по профилям поперек долин рек.

Практически работы были начаты весной 1984 г. в бассейне р. Сабыда. На конец августа – начало сентября 1984 г. был выполнен значительный объем буровых работ (404 м.) и отобрано 258 проб. При просмотре первых проб в минералогической лаборатории Полярной экспедиции обнаружилось несколько единичных зерен платиноидов, одно из которых было взято для более детального исследования.

В начале сентября 1984 г. в Норильске был сделан первый предварительный анализ зерна гулинских платиноидов. Его выполнила сотрудник горнометаллургического комбината Л. Н.Коваленко на микросонде «Камека». Анализ показал, что зерно состоит на 66% из Os и 33% Ir. Последующее изучение зерна в ЦНИГРИ на микросонде «Камебакс» подтвердило полученные в Норильске результаты.

В 1985 г. поисковые работы охватили более широкую площадь Гулинского массива и включали Бор-Урхский интрузив. На Гулинском массиве работы сосредоточились в центральной его части (бассейн р. Ингарингда). В пройденных здесь профилях скважин обнаружены зерна платиновых минералов по всему аллювиальному разрезу. В русле р. Бор-Урх при шлиховом опробовании также были найдены мелкие зерна платиноидов.

Оставался открытым вопрос о наличии платиновых минералов в элювиальных и делювиальных отложениях, лежащих на платиноносных массивах. Для его выяснения в конце августа – начале сентября 1985 г. было организовано опробование элювия дунитов на водораздельной части верховья правого притока р. Бор-Урх. Промывка отобранного материала на бутаре выявила присутствие в нем зерен платиноидов.

Ознакомление с результатами поисковых работ 1985 г. показало, что при применяемых методах опробования и промывки материалов большая часть зерен платиновых минералов теряется и не учитывается. Исходя из этого было рекомендовано проводить контрольную промывку не до «черного» как это обычно делается, а до «серого» шлиха. На основе результатов промывки элювиального материала, залегающего в больших количествах на Гулинском плутоне и других интрузиях, было сделано заключение о том, что преобладающие запасы металлов платиновой группы приходятся на элювиальные отложения.

Полученный шлиховой материал с зернами платиновых минералов исследован в ЦНИГРИ и Механобре. Установлено, что обнаруженные минералы

элементов платиновой группы представлены сростками зерен преимущественно осмиевого состава. Сростки размером до 2–3 мм имеют округлую форму и состоят в основном из идиоморфных кристаллов самородного осмия (0,2–0,5 мм), характеризующихся гексагонально-таблитчатым габитусом, и иридосмина, которым свойственны меньшие размеры (0,1–0,2 мм) и неправильные очертания зерен. В редких случаях встречаются мелкие (0,2 мм) округлые зерна изоферроплатины.

В акте о завершении первого этапа работ отмечалось, что в итоге внедрения рекомендации были достигнуты следующие основные результаты: установлена платиноносность интрузивных массивов Гули, Кугда, Бор-Урх; выявлены платиноносные участки аллювиальных и делювиальных отложений в пределах Гулинского интрузива, рекомендуемые для постановки поисково-оценочных работ; оценены прогнозные ресурсы МПГ категорий Р1 и Р2 на перспективных участках Гулинского массива. Эффект рекомендации по первому этапу работ — обнаружение и оценка ресурсов платиноносных массивов как перспективных объектов, обеспечивающих расширение минерально-сырьевой базы МПГ.

Начатые работы были продолжены и в последующие годы. В них включились исследователи Ленинградского горного института (Е.А.Балмасова, В.Г.Лазаренков, К.Н.Малич) и Томского государственного университета (О.М.Гринева, А.М.Сазонов). Были опробованы аллювиальные отложения основных водотоков Гулинского и Бор-Урхского массивов, где в значительных количествах обнаружены не только платиновые минералы, но и золото. В пределах Гулинского массива соотношение между содержаниями ЭПГ и золота меняется с изменением уровня эрозионного среза (О.М.Гринева, А.М.Сазонов, 1994). На юго-западном наименее эродированном блоке, сложенном меймечитами, порфиридовидными дунитами и щелочными породами, оно составляет 1:4, в центральном — от 3:2 до 2:3, а в северном наиболее эродированном участке, — 4:1.

В россыпях большую часть минералов благородных металлов составляют самородный осмий, иридосмин и самородное золото. В ассоциации с ними находятся электрум, кюстелит, купраурит, осмиридий, рутениридосмин, платосмиридий, изоферроплатина, лаурит, эрлихманит, толовкит, ирарсит, теллуриды палладия и осмия (О.М.Гринева, А.М.Сазонов, 1994).

Минералы ЭПГ и золото концентрируются в песчано-галечном глинистом с валунами слое, преимущественно в его нижней части, на границе рыхлых отложений и плотика (К.Н.Малич и др., 1996). Распределение минералов ЭПГ по классам крупности, на примере россыпи Ингарингда следующее, %:

+3 — 0,04; –3+2 — 0,06; –2+1 — 1,1; –1+0,5 — 8,69; –0,5+0,25 — 55,81; –0,25+0,125 — 39,49; –0,125 — 0,81. Большинство зерен практически не окатаны, сохраняют четко выраженные блестящие грани идиоморфных кристаллов в виде отдельных индивидов и их сростков.

Химический состав основных минералов ЭПГ из россыпей в целом остается в пределах ранее полученных данных (А.П.Лихачев и др., 1987). Прогнозные ресурсы платиноидов и золота по россыпям Гулинского массива оцениваются в количестве >10 т, а по аллювиальным и элювиальным россыпям Гулинского массива они могут составлять многие десятки тонн. Представляют интерес и россыпи других щелочно-ультраосновных массивов Маймеча-Котуйской площади.

Совместные исследования с зарубежными специалистами и организациями впервые были инициированы ЦНИГРИ в 1990 г. и касались изучения состава и строения норильских месторождений и месторождений США и Канады. Сначала была принята группа ученых США, вместе с которыми сотрудники ЦНИГРИ выполняли полевые работы по норильским объектам. Собранный материал был отправлен в Геологическую службу США для всесторонних лабораторных исследований с использованием высокоточных методов анализа пород, руд и минералов. Полученные результаты анализов, обработанные в ЦНИГРИ Т.Е.Зенько и др., позволили выявить новые сведения о составе и происхождении породообразующих и рудных минералов, а также по вопросам образования самих месторождений.

В качестве ответного визита сотрудники ЦНИГРИ посетили геологические учреждения и ряд месторождений США. При этом была возможность непосредственно провести наблюдения с отбором проб и образцов по двум платиноносным стратифицированным комплексам — Стиллуотер и Дулут. В последующем сотрудники ЦНИГРИ побывали на известных месторождениях других стран — Канады (Садбери, Томпсон и др.), Австралии (районы Нового Южного Уэльса и др.), Южной Африки (Бушвельд и др.).

Результаты выполненных ЦНИГРИ работ изложены в многочисленных производственных отчетах и публикациях в открытой печати. Часть из них вошла в состав достижений института, удостоенных премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2000 и 2007 гг.: работа «Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации – комплект карт», 2001 г. и научное обоснование, создание и реализация системы прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов Российской Федерации, 2008 г.

НОВОСТИ, ИНФОРМАЦИЯ

XXV МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ОБОГАЩЕНИЮ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ IMPC-2010

IMPC-2010: 25TH INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS

XXV Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых состоялся 6–10 сентября 2010 г. в г. Брисбене (Австралия). В работе конгресса приняли участие более 1000 делегатов из 42 стран мира. Наиболее представительными были делегации Австралии (более 500 чел.) и Китая (более 130 чел.). Российскую делегацию (20 чел.) представляли следующие научно-исследовательские и учебные институты: Иргиредмет (г. Иркутск, 14 чел.), Институт галургии (г. Санкт-Петербург, 2 чел.), МИСиС (г. Москва, 2 чел.), ВНИИХТ (г. Москва, 1 чел.), ЦНИГРИ (г. Москва, 1 чел.).

Одновременно с конгрессом проходила техническая выставка горнорудного оборудования, которое демонстрировали 58 международных компаний. На выставке были показаны некоторые образцы техники и различная рекламная продукция современного горного и обогатительного оборудования.

XXV Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых проходил под девизом «Умные технологии для будущего». Целью конгресса являлось привлечение со всего мира наилучших исследователей и практиков в области обогащения полезных ископаемых для обсуждения последних достижений в области научных исследований, технологий обогащения полезных ископаемых и экологических аспектов минеральных процессов.

Работа конгресса проходила по пяти секциям, на которых заслушано 300 устных докладов, в том числе 10 пленарных и 17 ключевых. Наряду с устными докладами, демонстрировались 206 постерных докладов. Все устные и постерные доклады напечатаны в виде научных статей в материалах конгресса.

Многочисленность докладов определила разнообразие их тематики. В пленарных и ключевых докладах были освещены фундаментальные основы традиционных процессов обогащения — дробления, измельчения, флотации, а также нетрадиционных — биотехнологии, газовой эмиссии

металлов непосредственно из руд, автоматизации прецизионных процессов и др. Рассмотрены пути совершенствования обогатительных процессов на основе принципиально новых подходов к изучению объектов минеральной среды и переходу от исследований на макро- и микроуровнях к более тонким — на мезоуровнях.

Секционные доклады в большинстве своем были посвящены исследованиям конкретных видов минерального сырья — углей, руд черных, легких, цветных, благородных и других металлов, нерудных полезных ископаемых, а также техногенного сырья. Предлагаемые инновации в технологиях переработки полезных ископаемых основывались на применении эффективных и экологически безопасных флотационных реагентов, сорбентов, растворителей, новых видов микроорганизмов в процессах чанового и кучного бактериального выщелачивания, менее энергоемких комбинированных способов измельчения в шаровых и вертикальных мельницах и др.

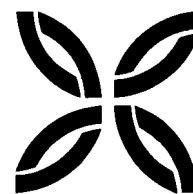
От ЦНИГРИ представлены два устных доклада, посвященных созданию инновационных технологий переработки труднообогатимого минерального сырья благородных металлов: первый — исследованиям кинетики процесса бактериального окисления упорных золотосодержащих сульфидов с применением различных ассоциаций микроорганизмов, второй — изучению процесса разупрочнения золото-сульфидного концентрата перед измельчением и цианированием с использованием магнитно-импульсной обработки.

Участники конгресса высоко оценили общий уровень проведенного мероприятия и его хорошую организацию.

Очередной XXVI Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых IMPC-2012 планируется провести в сентябре 2012 г. в Индии в г. Нью-Дели.

Г.В. Седельникова

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



7 января 2011 г. исполнилось 60 лет помощнику директора ЦНИГРИ по режиму **Наталье Анатольевне Леоновой**.

Н.А.Леонова работает в ЦНИГРИ с 1971 г. Обеспечивает научно-исследовательские работы специальными информационными ресурсами и их защиту. Сформировала систему учета и архивирования спецматериалов, позволяющую эффективно обрабатывать и актуализировать накопленную информацию. Провела ряд мероприятий, обеспечивших получение лицензии на право работы института со спецматериалами. Большой вклад внесла в организационно-технические работы по обработке спецматериалов на электронных носителях. Регулярно следит за соблюдением в институте надлежащего контрольно-пропускного режима.

Занимаясь работой, связанной с высокой требовательностью к персоналу по неукоснительному сохранению государственной тайны, Н.А.Леонова проявляет высокую принципиальность и в то же время всегда готова оказать содействие и помощь сотрудникам в их работе, не считаясь с личным временем.

За многолетние трудовые достижения награждена медалями «Ветеран труда», «В память 850-летия Москвы», знаком «300 лет горно-геологической службе России», грамотой Министерства природных ресурсов России.

Поздравляем Наталью Анатольевну с юбилеем, желаем крепкого здоровья, благополучия, дальнейших успехов в труде.



*Дирекция ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Научно-практическая конференция
«Научно-методические основы прогноза поисков и оценки
месторождений твердых полезных ископаемых —
состояние и перспективы»

(памяти Анатолия Ивановича Кривцова)

24–25 мая 2011 г., Москва, ФГУП «ЦНИГРИ»

В соответствии с приказом Федерального агентства по недропользованию от 08.12.2010 г. № 1487 Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) при поддержке Федерального агентства по недропользованию (Роснедра), Российской академии наук (РАН), Российского геологического общества (РосГео) и Российской академии естественных наук (РАЕН) проводит 24–25 мая 2011 г. в Москве научно-практическую конференцию «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых — состояние и перспективы».

Цель конференции — повышение эффективности реализации положений «Стратегии развития геологической отрасли до 2030 года».

Тематика конференции:

- принципы планирования и реализации федеральных ГРР;
- научно-методические основы, методы и методики геологических, геохимических, геофизических исследований для прогноза, поисков и оценки месторождений;
- использование комплексных моделей месторождений для целей прогноза, поисков, оценки и разведки;
- оптимизация и координация работ по научно-методическому обеспечению и сопровождению федеральных ГРР;
- обобщение передового опыта проведения ГРР по воспроизводству и использованию минерально-сырьевой базы России;
- разработка и реализация инновационных технологий ГРР.

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

Для участия в конференции приглашаются представители геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий; отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов.

Планируются устные и стендовые доклады. Время устного сообщения до 20 мин. К услугам докладчиков будут предоставлены мультимедиа-проекторы. Стендовые доклады: размеры стенда — 90 см по горизонтали и 240 см по вертикали.

Регистрация докладчиков производится на основе представленных тезисов и прилагаемой регистрационной формы **до 1 апреля 2011 г.** Регистрационные взносы не взимаются.

Требования к оформлению тезисов: текст с заголовком должен быть набран на одном листе формата А4 в редакторе Microsoft Word. Шрифт Times New Roman, 12 кегль, одинарный интервал. Поля со всех сторон 2 см.

Тезисы, присланные в Оргкомитет не позднее 1 апреля 2011 г., будут включены в Программу конференции. Сборник тезисов докладов выйдет в свет к началу конференции. Базовые доклады будут опубликованы в журналах «Руды и металлы» и «Отечественная геология».

Программа конференции будет сформирована к 10 мая 2011 г. и в электронном виде разослана зарегистрированным участникам.

Регистрационная форма и тезисы докладов принимаются Оргкомитетом по электронной почте: market@tsnigri.ru, uchsek@tsnigri.ru.

Для справок: тел./факс: (495) 315–43–47, тел.: (495) 313–18–18.

Регистрационная форма докладчика (участника)

Ф.И.О. (полностью)			
Ученая степень, ученое звание			
Должность			
Название организации (полное и сокращенное)			
Адрес организации	Город:	Почтовый индекс:	
	Улица:	Дом:	
Контакты	E-mail:	Телефон:	Факс:
	Название доклада		
Авторы доклада			
Форма представления доклада (устный, стендовый, заочное участие)			
<i>Тезисы доклада прилагаются (в отдельном файле, вложенном в почтовое сообщение)</i>			

Требования к авторам статей

1. Рукопись статьи подготавливается в соответствии с образцом оформления и представляется с установленными сопровождающими документами: письмом (разрешением на опубликование) руководителя учреждения и экспертным заключением о возможности публикации в открытой печати. В конце статьи ставятся подписи всех авторов.

2. К статье прилагается справка об авторе (авторах), в которой указываются фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность, место работы, адрес для переписки (почтовый), телефон, e-mail каждого автора.

3. Объем статьи — 15 страниц, включая таблицы и список литературы. Поля страницы — сверху и снизу по 2 см, справа 1 см, слева 3 см. Все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляются два варианта — распечатка с принтера и электронный вариант в Text format (*.rtf), (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman (размер 12, полусторонний межстрочный интервал). Текст, таблицы, рисунки помещаются в отдельные файлы. Таблицы должны иметь названия, набираются без сокращения слов (размер 10, один межстрочный интервал). Возможна передача статей по электронной почте: tsnigri@tsnigri.ru с пометкой для журнала «Руды и металлы».

4. Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 3.0.

5. Список литературы приводится в конце статьи с нумерацией источников по алфавиту. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник приводятся соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не включаются неопубликованные работы. Подписи печатаются на отдельной странице после списка литературы.

6. Рисунки и другие графические материалы (черно-белые, не более 5) прилагаются в печатном и электронном вариантах. На обратной стороне распечатки каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формат страницы журнала (23×16). Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются курсивным шрифтом. Текстовые и цифровые надписи на рисунках набираются на компьютере (шрифт 8), толщина линий рисунка — не менее 0,2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: TIFF — только для фото (*.tif), Corel Draw (*.cdr), Диаграмма Microsoft Excel (*.xls). Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.

8. Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать название статьи, текст, рисунки.

9. В целях облегчения редактирования статей редколлегия просит авторов использовать термины и понятия в значениях, отраженных в следующих изданиях:

Толковый словарь английских геологических терминов. Пер. с англ. / Под ред. Н.В.Межеловского. — М.: Геокарт, 2002.

Российский металлогенический словарь / Под ред. А.И.Кривцова. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2003.

Термины и понятия, используемые при прогнозно-металлогенических исследованиях / Под ред. А.И.Кривцова, В.М.Терентьева — СПб.: ВСЕГЕИ, 1991.

Главный редактор,
доктор геол.-минер. наук,
профессор

И.Ф.Мигачев