

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



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

ЦНИИРРУ

2/2014

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ

2/2014

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Б.К.Михайлов

Зам. главного редактора И.Ф.Мигачев
Зам. главного редактора Н.И.Назарова

Б.И.Беневольский
В.И.Ваганов
С.С.Вартанян
А.В.Волков
А.А.Головин
Ю.К.Голубев
В.С.Звездов
П.А.Игнатов
А.И.Иванов
С.Г.Кряжев
В.В.Кузнецов
Д.А.Куликов
Г.А.Машковцев
С.А.Миляев
Г.В.Ручкин
Г.В.Седельникова

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 2014

Руды и металлы
№ 2 – 2014

ISSN 0869–5997

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 01919 от 21 декабря 1992 г.

Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук»

Редакция: *Н.И.Назарова, Г.В.Василова*
Верстка и оригинал-макет: *Т.В.Лукина*

Сдано в набор 24.03.14 г.
Подписано в печать 01.04.14 г.

Формат 30×42 1/2
Бумага листовая
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ФГУП «ЦНИГРИ»
Телефон: 8 (495) 315-28-47
Факс: 8 (495) 315-43-47
E-mail: rudandmet@yandex.ru, rudandmet@tsnigri.ru

Сайт Научной Электронной Библиотеки: <http://elibrary.ru>

Типография ФГУП «ЦНИГРИ»: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1

© «Руды и металлы», 2014

От главного редактора

4 Chief Editor's Notes

Крупнообъемные месторождения золота в черносланцевых толщах — геолого-структурные, генетические, геохимические особенности, технологии обработки руд, недостатки оценки прогнозных ресурсов

High-tonnage low-grade gold deposits in black shales: structural and genetic features, geochemical signatures, specialties of metallurgy, and hot issues in estimation of ore resources

Арифулов Ч.Х.

К вопросу об условиях образования крупнообъемных черносланцевых золоторудных месторождений

Arifulov Ch.H.

The study of conditions of the formation of black shale large-volume gold deposits

5

Бакулин Ю.И.

Особенности крупнообъемных месторождений золота

Bakulin Yu.I.

Some special features of large-scale gold deposits

20

Беневольский Б.И., Витковский И.М., Голнев В.Б.

Основные недостатки оконтуривания и количественной оценки прогнозных ресурсов на примере объектов цветных и благородных металлов

Benevolskiy B.I., Vitkovskiy I.M., Golenev V.B.

Main shortcomings of inferred resource delineation and quantitative evaluation exemplified by base and precious metal properties

25

Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Новикова И.В.

Основные геохимические особенности золоторудных месторождений Западного и Южного Узбекистана (ореолы, зональность, перспективы)

Ezhkov Yu.B., Rakhimov R.R., Novikova N.B.

The basic geochemical features of gold ore deposits in the Western and Southern Uzbekistan (aureoles, zonality, potential)

30

В.О.Коньшев

К методике оценки содержаний Au в рудопроявлениях с крупным золотом Ортон-Балыксинского района, Кузнецкий Алатау

Konyshev V.O.

Technique of grade evaluation in coarse gold occurrences within Orton-Balyksin area, Kuznetsky Alatau

44

Подгаецкий А.В., Черепанов А.А.

Комплексный анализ черносланцевых пород Дальнего Востока как перспективного благороднометалльного сырья

Podgaetskii A.V., Cherepanov A.A.

Comprehensive analysis of the black shale rocks of the Far East as a perspective of noble materials

65

Рецензии

Reviews

Р.А.Амосов

Рецензия на «Атлас морфологически классифицированных и сертификационно оцененных золотых, платиновых и серебряных самородков»

R.A.Amosov

«Atlas of morphologically classified and certified gold, platinum, and silver nuggets»: A review

75

Поздравляем с юбилеем

Our congratulations

Б.Я.Вихтера

79 B. Ya. Vikhter

От главного редактора

С переходом России на рыночные отношения во многом изменились подходы к оценке возможностей отечественной минерально-сырьевой базы, в частности золота. С одной стороны, в балансе добычи за последние 20 лет стала доминировать роль коренного золота в основном за счет разработки месторождений легкообогатимых относительно богатых руд, с другой — в структуре запасов гигантскими темпами наращивается доля бедных и убогих руд так называемых большеобъемных золоторудных месторождений, локализованных в углеродисто-терригенных комплексах. Их последующий ввод в хозяйственный оборот позволит России существенно нарастить объемы производства не только золота, но и многих сопутствующих полезных ископаемых, способствовать созданию территориальных центров экономического развития на основе минерально-сырьевого комплекса, эффективному решению геополитических и социально-экономических вопросов отдельных регионов страны.

Месторождения рассматриваемого геолого-промышленного типа были известны и ранее; в ближнем зарубежье некоторые из них (Мурунтау, Кумтор, Бакырчик) уже многие годы разрабатываются. Как показывает накопленный в последние годы опыт, эффективные прогнозирование, поиски и оценка такого рода объектов возможны лишь при условии использования нетрадиционных инновационных подходов на всех стадиях геологоразведочного процесса. При этом предусматривается специальный комплекс геолого-геофизических и геохимических методов, методов опробования, пробоподготовки, технико-технологических решений в области разработки и обогащения руд такого рода месторождений и геолого-экономических оценок, отвечающих современным достижениям науки и практики. Применение новых подходов позволяет коренным образом переоценить запасы на ранее разведанных крупных объектах в известных рудных районах (Сухой Лог, Наталкинское, Кючус, Нежданинское и др.).

В настоящее время назрела необходимость анализа и обобщения разноплановых материалов по изучению большеобъемных золоторудных объектов, локализованных в углеродисто-терригенных (черносланцевых) комплексах в различных геологических структурах. Поэтому мы начинаем обсуждение данной проблемы на страницах нашего издания и приглашаем специалистов принять в нем участие с предоставлением статей по затронутым темам. Публикация статей будет осуществляться по мере их поступления. Предлагаем авторам не только излагать результаты своих работ, но и критически рассматривать опубликованные материалы.

КРУПНООБЪЕМНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ — ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ, ГЕНЕТИЧЕСКИЕ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ РУД, НЕДОСТАТКИ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 553.411:552.578.3

© Ч.Х.Ариффулов, 2014

К ВОПРОСУ ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ КРУПНООБЪЕМНЫХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ч.Х.Ариффулов (ФГУП «ЦНИГРИ»)

Рассматриваются условия образования первичных золото-сульфидных концентраций в черносланцевых отложениях, связанные с гидротермально-осадочными процессами в обстановках глубоководных эвксинных бассейнов. Трансформации первичных залежей, в связи с дислокационным метаморфизмом и рудно-метасоматическими процессами, развивающиеся в различных геологических и термобарических условиях, определяют окончательный морфологический облик месторождений и основные их структурно-вещественные характеристики.

Ключевые слова: черные сланцы, золото-сульфидные руды, Кызылкумы, Южный Урал, Верхояно-Колымская провинция.

Ариффулов Чингиз Хайдарович, arif-chin@yandex.ru

THE STUDY OF CONDITIONS OF THE FORMATION OF BLACK SHALE LARGE-VOLUME GOLD DEPOSITS

Ch.H.Arifulov

Conditions of the formation of primary gold-sulphide concentrations in black shale deposits associated with hydrothermal-sedimentary processes in the deep-sea environments of euxinic basins are discussed. Transformation of primary ore-concentrations is associated with dislocation metamorphism and ore-metasomatic processes, developing in various geological and thermobaric conditions determine the final morphological appearance of the deposits and their main structurally-material characteristics.

Key words: black shales, gold-sulfide ores, Kyzyl Kum, the Southern Urals, the Verkhoyansk-Kolyma province

В основу статьи положены результаты исследований автора на золоторудных объектах Западного Узбекистана (Кызылкумо-Нуратинская провинция), Центрального Таджикистана (Кончочское рудное поле, Шинг-Магианская группа проявлений), Восточного Казахстана (Бакырчикское рудное поле, Кызыловская зона смятия), Южного Урала (объекты Кировско-Кваркенского и Айдырлинско-Синешиханского рудных районов), Верхояно-Колымской провинции (Верхне-Хатыннах-Олботский рудный узел).

Черносланцевые золоторудные месторождения в мировом балансе золота играют ведущую роль, однако вопросы генезиса и условий локализации крупнообъемных объектов данного типа остаются предметом острой дискуссии. На территории Российской Федерации золотоносные черносланцевые комплексы широко распространены в складчатых сооружениях Уральской, Енисейской, Байкало-Патомской (Ленской), Восточно-Саянской, Верхоя-

но-Колымской и Таймыро-Североземельской провинций. Поиски и промышленное освоение месторождений данного типа может вывести РФ в ряд золотодобывающих стран-лидеров.

Геолого-генетические аспекты условий формирования черносланцевых формаций и накопления в них повышенных концентраций Au, Ag, металлов платиновой группы, Cu, Zn, Pb и других элементов достаточно широко освещены в литературе [11, 12]. Практически во всех работах в том или ином виде рассматриваются три основных механизма концентрирования золота в углеродистых осадках:

накопление тонкого кластогенного золота, поступающего в бассейн седиментации с терригенным материалом и органическими остатками в виде взвеси в речных водотоках и откладывающимися в подводных конусах выноса с образованием турбидитовых фаций;

биогенно-хемогенное накопление золота в осадках, обогащенных органическим веществом, связан-

ное с процессами метаболизма бактерий (синезеленые водоросли, железосерные бактерии и другие прокариоты);

гидротермально-осадочное накопление золота в сульфидных и оксидно-сульфидных горизонтах и постройках типа «черных» и «белых» курильщиков.

В качестве основного механизма в статье рассматривается концепция гидротермально-осадочного образования золотоносных сульфидных осадков в черносланцевых отложениях. Именно наличие крупных стратоидных залежей с вкрапленной золото-сульфидной минерализацией, по мнению автора, при дальнейшей трансформации приводит к образованию крупнообъемных золоторудных месторождений различных морфоструктурных и структурно-вещественных типов. Это положение подтверждается рядом фактов, полученных при изучении месторождений Кызылкумской провинции (Мурунтау, Амантайтау, Даугызтау), Восточного Казахстана (Бакырчик) [2], а также новыми данными, полученными при изучении пермских черносланцевых разрезов в Верхне-Хатыннах-Олботском рудном узле.

Углеродисто-терригенные отложения образуются в различных геодинамических обстановках на протяжении всего периода формирования осадочных бассейнов — от раннего рифея до настоящего времени. Общим условием их образования является анаэробный, застойный режим седиментации и накопление значительных объемов рассеянного органического вещества в осадках. Однако, несмотря на широкое распространение и значительные мощности углеродисто-терригенных отложений, распределение золоторудных концентраций в них дискретно и, как правило, приурочено к конседиментационным структурам, характеризующимся проявлением базитового или риолит-базитового вулканизма. Проявления риолит-базитового вулканизма и продуктов его разрушения обычно отмечаются в низах разрезов черносланцевых отложений. В ряде провинций вулканическая активность проявлена в латентной форме (Кызылкумская провинция) или затухает обвальными-оползевыми процессами. В последнем случае обломки вулкаников перемещаются с терригенным материалом (Бакырчикское рудное поле, Кировско-Кваркенский рудный район, Верхне-Хатыннах-Олботский рудный узел).

Повышенная металлоносность углеродисто-терригенных отложений автором связывается с активным флюидно-магматическим режимом рифтогенных структур в бассейнах различного типа. При типизации палеобассейнов с черносланцевым режимом седиментации в статье использованы существующие разработки по классификации оса-

дочных бассейнов В.Н.Холодова, Г.А.Беленицкой, С.И.Романовского, В.П.Феоктистова, Э.В.Кутырева, А.П.Лисицына и др. По данным различных авторов, в общем виде можно выделить два типа обстановок образования черносланцевых бассейнов: 1-й — деструктивно-дивергентный в пассивных континентальных окраинах и 2-й — конвергентный, связанный с обстановками активных окраин. С каждым из них связаны определенные типы рифтогенных бассейнов.

В качестве примера 1-го типа бассейнов можно рассматривать ранне-среднерифейские палеобассейны Байкало-Патомской (Бодайбинской) провинции [14]. Для докембрийских (ранне-среднерифейских и вендских) структур Южного-Урала характерна обстановка рифтогенеза пассивной континентальной окраины, а раннекаменноугольные рифтогенные грабены Южного Урала сформировались на коллизии этапе в косых сдвиговых зонах на фронте Валерьяновского вулканического пояса [4]. Центральная-Кызылкумская черносланцевая субпровинция характеризуется проявлением продуктивных рифтогенных процессов на двух литолого-стратиграфических уровнях — нижнепалеозойском (кембро-ордовикском, бесапанский литолого-стратиграфический уровень), связанном с обстановкой рифтогенеза пассивной континентальной окраины, и средне-верхнекаменноугольном (карошохинский литолого-стратиграфический уровень), сформировавшемся в крупном сдвиговом рифте на фронте Бельтау-Кураминского вулканического пояса [3]. Примером крупного рудоносного рифтогенного бассейна, сформированного в позднепермское время в обстановке пассивной континентальной окраины служит Верхояно-Колымская провинция, где выявлены крупные месторождения золота черносланцевого типа — Наталкинское, Дегдекан и др.

Для всех объектов черносланцевого семейства предполагается генетическая связь золото-сульфидных концентраций с углеродисто-терригенными (или углеродисто-карбонатно-терригенными) осадками. Однако эта связь не прямая, а опосредованная. Значительные территории с черносланцевыми отложениями с потенциально рудоносными фациями характеризуются как безрудные и имеют субфоновые концентрации Au на уровне $0,00n-0,0n$ г/т. Приуроченность высоких золоторудных концентраций к обвальным-оползевым (гравитационно-микститовым, диамиктитовым) и турбидитовым фациям углеродисто-терригенных отложений не имеет главного поискового значения, поскольку размещение продуктов гидротермальной деятельности связано с другими факторами, которые определяют

условия локализации маринных палеогидротермальных полей. При картировании подобных образований большое значение имеют конседиментационные сбросы и ореолы стратоидных метасоматитов [4]. В приложении к гидротермально-осадочной модели золотого оруденения в черносланцевых комплексах связь золото-сульфидной минерализации с осадками может проявляться в двух видах:

концентрированная золоторудная минерализация в форме залежей золотоносных сульфидов (массивных, ритмически-полосчатых или послойно густовкрапленных). При их образовании лавинная седиментация и сброс осадков с верхних фенос на нижние провоцируется сейсмической активностью, которая, в свою очередь, связана с периодами вулканической и гидротермальной деятельности. В локальных зонах разгрузки гидротерм могут образовываться сульфидные постройки и продукты их перемыва. В этом случае залежи золотоносных сульфидов перекрываются мутьевыми потоками турбидитов или грубообломочными гравитационно-микститовыми отложениями. Примеры подобных образований нами выявлены при изучении некоторых месторождений, в их числе Амантайтау (Центральные Кызылкумы), Кумтор (Киргизия), Каменское (Южный Урал), Бақырчик (Восточный Казахстан). Так, на Амантайтауском месторождении установлены линзующиеся горизонты золотоносных пиритов (содержания Au варьируют от нескольких грамм до первых десятков грамм на 1 т), срезающиеся и перекрывающиеся мутьевыми пелитовыми осадками. На месторождении Кумтор в штольневых горизонтах при отборе задирковых технологических проб и фотодокументации обнаружены крупные линзы золотоносных гематит-пиритовых тонкополосчатых ритмитов, заключенные в интенсивно дислоцированном углеродисто-глинистом матриксе. Эти образования ранее рассматривались как зоны тектонического будинирования, но могут представлять собой и продукты подводно-оползневых процессов. На Каменском месторождении горизонты и линзы с послойной арсенипирит-пиритовой вкрапленностью отличаются резкой слоевой неоднородностью в распределении золота. Наиболее золотоносны линзы крупнозернистых полимиктовых песчаников. Содержание Au в них достигали 30 г/т и более;

рассеянная золото-сульфидная минерализация с хаотическим распределением золото-сульфидной минерализации в мощной толще углеродисто-песчано-глинистых осадков. При ее образовании лавинная седиментация с высокоскоростными зерновыми и мутьевыми склоновыми потоками разрушает первичные сульфидоносные горизонты, пере-

мешивает сингенетичные сульфиды с тонкообломочным терригенным и глинистым материалом. В итоге эти процессы разубоживают первичную рудную минерализацию, она хаотически перераспределяется по всему объему оползневого горизонта. Это приводит к повышенной фоновой золотоносности осадков, что рассматривается в качестве одного из критериев при прогнозно-поисковых исследованиях. К примеру, в Центрально-Кызылкумском регионе в кембро-ордовикских рудоносных отложениях «пестрого бесапана» по разрезу мощностью в несколько сотен метров содержания Au варьируют от сотых до десятых долей грамма на 1 т. В верхнепермских черносланцевых отложениях атканской свиты (Верхне-Хатыннах-Олботский рудный узел, Магаданская область) зараженность золотом на уровне нескольких десятых долей грамма на 1 т достигает мощности >300 м. При этом в верхнеатканских отложениях, сложенных грубообломочными диамиктитами (микститам), присутствуют галька и валуны с золотоносной полисульфидной минерализацией, распределение которых в рудоносном разрезе в первом приближении можно назвать незакономерным или хаотическим. При этом углеродисто-глинистый матрикс может быть практически стерильным в отношении рудной минерализации. Подобные толщи отличаются высокой фоновой золотоносностью (десятки миллиграмм на 1 т) и служат субстратом (донором) для последующих рудных (прожилково-вкрапленных и жильно-штоковерковых) образований, возникающих путем ремобилизации (регенерации) рудного вещества в зонах дислокационного метаморфизма и метасоматоза, связанного с коллизионными гранитоидами.

Таким образом, формирование первичных золоторудных концентраций в углеродисто-терригенных осадках связано с гидротермально-осадочными процессами [4] как в случае захоронения золото-сульфидных залежей под мощной толщей терригенных осадков, так и в результате их разрушения и перемешивания рудного вещества с терригенным материалом в подводно-оползневых микститовых отложениях. Рассеянное органическое вещество в данных вариантах играет роль, во-первых, индикатора обстановки формирования и захоронения палеогидротермальных полей в условиях достаточно глубоководных впадин с застойным (эвксинным) режимом седиментации, а во-вторых — буфера, определяющего восстановительную обстановку сульфидообразования в осадках и, соответственно, доминирование тиосульфидных и более сложных мышьяковых и сурьмяных гетерополиядерных комплексов золота, рудообразующее значение которых в гидротермальных процессах рассматривалось в работах

А.Л.Павлова [19], И.Я.Некрасова [18] и других исследователей.

Из вышесказанного следует, что совершенствование прогнозно-поисковых критериев применительно к черносланцевым золоторудным объектам сводится к выявлению конкретных поисковых признаков маринных палеогидротермальных полей (захороненных или разрушенных). Использование общепринятых критериев — литолого-структурных, формационных, фациальных и др. — позволяет установить только общие рамки потенциально рудоносной территории, где возможно проявление рудообразующих процессов, но локализация перспективных площадей (рудных полей) возможна только в случае выявления признаков, соответствующих участкам и зонам разгрузки рудоносных гидротермальных систем, связанных с глубинными тепловыми источниками. К примеру, при структурно-формационном районировании Восточно-Саянской складчатой области при решении вопроса локализации рудных районов черносланцевого типа нами [3] была выделена Дербинская металлогеническая зона, сложенная преимущественно черносланцевыми отложениями раннего протерозоя и среднего рифея, характеризующаяся слабой поисковой изученностью вследствие ее трудной доступности. Площадь распространения черносланцевых формаций в целом по Дербинской зоне составляет >7 тыс. км², а площади потенциальных рудных районов — многие сотни квадратных километров. Несомненно, что локализация крупно-объемных рудных объектов черносланцевого типа на столь обширной территории требует постановки специализированных поисковых работ, нацеленных на выявление признаков палеогидротермальных систем и рудоносных литолого-стратиграфических уровней, соответствующих времени гидротермальной активности Дербинского палеобассейна.

Соотношение масштабов распространения черносланцевых отложений в пределах осадочно-породных бассейнов с размерами гидротермальных полей можно проследить на примерах современных океанических бассейнов. Наиболее крупные осадочные бассейны с терригенной седиментацией приурочены к окраинам континентов и связаны с конусами выноса крупных речных систем, таких как Ганг, Брахмапутра, Амазонка, Нил и др. Объемы годового сброса терригенного материала и органического вещества, поступающего с континента, исчисляются тысячами кубических километров, а объемы органического могут варьировать от 2 до 5% от объема осадков [17]. Осадочные линзы, связанные с конусами подводных дельт, могут достигать огромных

размеров. Они сопоставимы с масштабами (и превышают) крупные древние черносланцевые бассейны. Так, протяженность конуса выноса системы Ганг–Брахмапутра, сложенного песчано-глинистыми отложениями с серией турбидитовых потоков, составляет ~ 3000 км при ширине до 1000 км. Максимальная мощность осадков достигает 16 км. Однако при столь значительных размерах осадочно-породного бассейна признаки потенциально рудоносного гидротермального поля можно ожидать только в южной части Бенгальского залива вблизи активной вулканической зоны. Здесь выделена локальная аномалия повышенно-теплого потока на уровне 100 мВт/м² [15]. Протяженность данного аномального участка не превосходит 200 км при ширине <100 км, т.е. составляет менее 1% от площади Бенгальского бассейна.

Для Мексиканско-Карибского региона, относящегося к системе пассивно-окаинных бассейнов Атлантики, характерно унаследованное развитие океанических структур Тетиса, развивавшихся в мезозое в обстановке активной окраины. Площадь бассейна >4 млн. км², включая Мексиканский залив — 1543 тыс. км² и Карибское море — 2754 тыс. км². В центральной части Мексиканского залива, отличающегося высокой нефтегазоносностью, расположена впадина Сигби с сокращенной (~ 6 км) мощностью коры океанического типа, которая перекрыта осадочными отложениями юрского, мелового, миоценового, плиоценового и четвертичного возрастов общей мощностью до 8 км [6].

Для центральной, наиболее глубоководной, части залива установлены локальные области с повышенными значениями теплового потока (>60 мВт/м²), а к северу от этих аномальных зон — область с аномально низкими (<25 мВт/м²) значениями теплового потока, что говорит о присутствии конвективных потоков и возможном проявлении гидротермальной активности [15].

Трог Кайман, разделяющий Мексиканско-Карибский бассейн на два крупных сегмента, представляет собой крупную сдвиговую зону с трансформными разломами Хуан и Ориенте и с центральной субмеридиональной рифтовой зоной. Он прослеживается в северо-восточном направлении на 1600 км. Ширина его варьирует от 120 до 180 км. Осадки в пределах трога развиты незначительно, образуя карманообразные депрессии. Мощность осадков до 400 м. Они подстилаются породами океанического основания трога — серпентинизированными перидотитами, габброидами и базальтами. Осадки представлены тремя фациями: глинисто-карбонатной (днище трога), алевро-песчано-карбонатной (турбидиты, зерновые и пастообразные придонные пото-

ки), карбонатно-глинисто-песчаной (периферия дна трога).

Для трога установлено аномальное поле теплового потока со значениями до 100 мВт/м². Тепловая аномалия трога занимает периферическую часть более крупной тепловой аномалии Колумбийской впадины со значениями теплового поля >150 мВт/м². Для трога Кайман отмечена высокая дисперсия геотермических данных, подчеркивающая наличие локальных термоактивных структур — центров вулканического извержения и гидротермальных систем [10]. Площадь термоактивных структур данной акватории составляет 10–15% от площади всего бассейна, что значительно выше, чем в Бенгальском бассейне.

Площадь бассейна Охотского моря ~1500 тыс. км². На севере оно граничит со структурами Охотско-Чукотского вулканического пояса, на юге отделяется от Тихого океана Курильской островной дугой и глубоководным желобом. Дно моря представляет собой мозаику тектонических блоков. Более 90% акватории занимает шельф с корой континентального или субконтинентального типа. В северной части установлена впадина Тинро, в западной — впадина Дерюгина, на юге — Южно-Охотская глубоководная впадина, отделяющая шельфовую зону от Курильской островной дуги. Максимальные глубины Курильской котловины 3374 м, впадины Тинро 991 м, впадины Дерюгина 1795 м [20].

Мощность осадочного чехла Охотского бассейна варьирует от 0,2–0,5 км в областях поднятий до 4–7 км и более в глубоководных впадинах. В основном отложения представлены слабо литифицированными песчано-глинистыми осадками позднемиоценового (маастрихт), олигоценевого и позднемиоценового возрастов [6]. В основании отложений присутствуют грубообломочные песчаники и базальные конгломераты. В позднемиоценовую эпоху накопление осадков происходило в рифтогенных условиях и сопровождалось вулканической активностью. Образовывались глубоководные бассейны, выполненные вулканогенно-кремнистыми отложениями, сменяющимися вверх по разрезу более мелководными осадками [21].

В пределах бассейна установлены области высоких тепловых потоков с частичным плавлением верхней мантии и образованием астеносферных диапиров (Татарский пролив, впадина Дерюгина, Курильская котловина). Над астеносферными диапирами в осадочном чехле в Татарском проливе и впадине Дерюгина зафиксированы залежи углеводородов [8], а в Курильской котловине на вершинах подводных вулканов — сульфидная минерализация.

Повышенные значения теплового потока характерны для глубоководных впадин, пониженные — для субконтинентальных структур. Наиболее низкие значения (22 мВт/м²) отмечаются в Курило-Камчатском глубоководном желобе. Средние значения теплового потока для Курильской островной дуги составляют 118 мВт/м², наиболее высокие значения прослеживаются в ее западной части — до 790 мВт/м². Высокий тепловой поток установлен в Татарском проливе 123–132 мВт/м² и во впадине Дерюгина, где он достигает 200 мВт/м². Высокие значения теплового потока 346–354 мВт/м² определены также в Курильской котловине [21].

По данным геологических исследований в Охотском море рейсов «Маршал Геловани» (1988 г.) и SO178 на НИС «SONNE» (2004 г.) выявлена и изучена баритовая минерализация во впадине Дерюгина. Это кальцитовые, баритовые трубки, конкреции, сферолиты, тонкие корки, а также арагонитовый цемент в обломках баритовых «курульщиков». Были установлены баритовые холмы с выходами «курульщиков» высотой до 10 м. Их образование связано с придонной разгрузкой метан- и баритонасыщенных флюидов, поступающих через разломные зоны.

Газонасыщенные метансодержащие флюиды образуют метановые аномалии — «факелы» различных морфологических типов. Высота газовых «факелов» колеблется от 40 до 850 м.

Следует отметить, что глубоководные впадины имеют рифтогенную природу и их образование приурочено к астеносферным диапирам. Эти локальные глубоководные бассейны отличаются повышенным тепловым потоком и проявлениями газово-флюидных эманаций, обогащенных углеводородами. Возможно, обстановка осадконакопления в подобных структурах имеет сходство с обстановками формирования рудоносных черносланцевых комплексов в фанерозойских бассейнах. Однако на данный момент в глубоководных впадинах Охотского моря не выявлены признаки сульфидной минерализации, что может быть связано с недостаточной изученностью глубоких уровней осадочных отложений впадин. Можно предполагать, что уровни сульфидообразования находятся ниже поверхности дна в области разгрузки высокотемпературных растворов непосредственно в толще терригенных песчано-глинистых отложений. Площадь проявлений термических аномалий придонных вод в Охотском бассейне составляет не менее 25% от площади акватории Охотского моря.

Весьма интересны данные об условиях гидротермального минералообразования под мощной толщей осадков в Калифорнийском бассейне. Протяженность Калифорнийского залива 1240 км,

ширина 220 км, максимальная глубина 3292 м. Рифтовые зоны залива окружены континентальными массивами, с которых сносится значительное количество терригенного материала. Мощность современных осадков в рифте составляет сотни метров, они полностью перекрывают вулканические породы основания. Синвулканическая гидротермальная деятельность происходит под экраном осадков; на поверхности дна установлены выходы гидротерм. Наиболее исследованный район Калифорнийского залива — южный трог впадины Гуаймас [7]. Глубина трога около 2000 м, ширина на изобате 2000 м около 2500 м. В сводке Ю.А.Богданова и А.М.Сагалевица отмечается развитие двух типов гидротермальных образований — в осевых зонах трещиноватости и во внутритроговых поднятиях.

Гидротермальные образования первой группы приурочены к фронтальным зонам гидротермальных полей, связаны с низкотемпературными растворами (измеренные температуры выходящих растворов $<10^{\circ}\text{C}$) и представлены гидротермальными холмами опал-карбонатной минерализации с баритом в трубообразных выступах поверхности. В матрице этих новообразований присутствуют рассеянные сульфиды в количестве до 10% (обычно $<1\%$) — преимущественно пирротин и небольшая примесь сфалерита. Примечательно, что в пористой матрице гидротермальных новообразований содержатся жидкие углеводороды, которые предположительно возникают в результате воздействия гидротерм на органическое вещество осадков. Образование углеводородистых соединений в осадках современных и древних бассейнов большинством исследователей связывается с преобразованием погребенного органического вещества в восстановительных условиях. Вместе с тем допускается глубинное поступление углеводородов по зонам дислокаций в осадочно-породные бассейны, что и определяет повышенные содержания в углеводородистых отложениях благородных металлов, в том числе золота и платиноидов.

Второй тип построек связан с более высокотемпературными гидротермальными растворами, выходы которых приурочены к внутритроговым поднятиям. Они занимают основное пространство гидротермальных полей. Постройки представлены системами конических холмов высотой от 1 до 50 м. Они сложены шлакоподобными обломками, содержащимися в рыхлом песчано-алевритовом обломочном материале. У подножия холмов на поверхности рыхлого осадка развиты плотные корки с осадком кристаллов сульфидов. Большинство исследованных построек — действующие «черные» курильщики высотой >10 м. На поверхности холмов в централь-

ных частях имеются активные трубы высотой до 1 м и диаметром 15–20 см. Измеренные температуры гидротерм на выходах «черных» курильщиков достигают $320\text{--}359^{\circ}\text{C}$. Гидротермальные образования трога Гуаймас существенно отличаются от типичных образований в других океанических рифтах. Характерна высокая пестрота минерального состава. Рудная минерализация представлена пирротином, сфалеритом, халькопиритом, иногда галенитом. Характерно низкое содержание пирита, что в условиях преобладания пирротина может свидетельствовать о неполном окислении восстановленных флюидов при их взаимодействии с океанической водой. Предположение о воздействии на осадки восстановленных флюидов коррелируется с накоплением в осадках жидких углеводородов. Для примесных рудных элементов в сравнении с другими океаническими рифтами отмечаются повышенные содержания Sb, Ni, Co, Y, близкие уровни содержаний As, Zr, Cr, обедненность Cd, Ag, Ge, Mo и Ga.

Все обнаруженные пункты проявления полисульфидной минерализации в рифтах Калифорнийского залива и расположенных севернее рифтах подводных хребтов Горда и Хуан-де-Фука с повышенными содержаниями Au и Ag обусловлены деятельностью гидротерм с температурами $\sim 300^{\circ}\text{C}$ и более. Причем в основном минерализация данного типа фиксируется в осадочном чехле глубоководных впадин с батиметрическими отметками >2000 м. Выявлена серия гидротермальных проявлений с золото-содержащей и серебросодержащей минерализацией:

южная рифтовая зона впадины Гуаймас с сульфидными цинка, меди и железа. Температура источника 315° . Объем залежи 1 200 000 м³. Глубина бассейна 2000 м. Содержания металлов: Zn до 55, Cu 1, Pb 0,1%, Ag 300, Au 3 г/т [24];

северная рифтовая зона впадины Гуаймас — пирротиновая вкрапленность в гидротермально измененных глинисто-кремнистых осадках с тальком в осевой части рифта, активные гидротермальные источники. Глубина бассейна 2040 м. Содержания металлов: Zn 0,003, Cu 0,7%, Ag 7, Au 7 г/т [25];

хребет Хуан-де-Фука, северная часть, отложения массивных сульфидов цинка, меди и железа. Поле гидротермальных источников — «черных» курильщиков на площади (150×200) м, T 400°C . Глубина бассейна 2090–2120 м. Содержание металлов: Zn 0,4–6,3, Cu 0,6–3, Pb 0,02–0,1%, Ag 5–30, Au до 0,1 г/т [23];

центральная часть хр. Хуан-де-Фука — сульфидные корки на базальтах и осадках, конические постройки высотой до 10 м и диаметром 3 м, залегающие на дне кальдеры; сложены сульфидными цинка, железа и ангидритом. Активные гидротер-

мальные источники в северной части кальдеры с T 7–35°C, высокотемпературные источники с T 285°C в юго-западной части. Скопления фауны. Глубина бассейна 1580 м. Содержание металлов: Fe 0,4–6,3, Zn 10,1–28,2, Cu 0,1–0,3, Pb 0,1–0,6, SiO₂ 20,4–41,4, Ba 14,2–15,0%, Ag 233–342, Cd 110–740 г/т [22];

гидротермальные поля в зоне Восточно-Тихоокеанского поднятия, глубина бассейна 2000–2620 м. На первом поле установлены холмы и трубы высотой до 10 м, сложенные сульфидами цинка, меди и железа, залегающие на базальтах. Действующие «черные» курильщики, T 350–380°C. На втором поле выявлены действующие «белые» курильщики с температурами от 20 до 300°C. Присутствуют скопления фауны. Гидротермальные поля расположены в 300–800 м от оси рифта. Третье гидротермальное поле образует колонны и холмы высотой 1–3 м на дне кальдеры подводного вулкана. Рудные «валуны» диаметром 1–10 м на стенках кратера на площади 500 м² сложены сульфидами меди и железа. Содержания металлов: Zn до 50, Cu 6, Fe 30%, Pb 640, Cd 700 г/т, Ag до 1,5, Au в марказите до 0,79% [9];

южная часть хр. Хуан-де-Фука. Глубина бассейна 2300 м, невысокие холмы и покровы на базальтах и осадках небольшой мощности в осевой части рифта. Состав новообразований — сульфиды цинка и железа. Установлены активные низкотемпературные гидротермальные источники и скопления фауны. Содержание металлов: Zn до 65, Fe 8–50, Cu до 0,32, Pb до 0,25%, Ag 290 г/т, Cd до 0,1, Mn 0,2%;

хр. Эксплорер, глубина бассейна 1700–2000 м; массивные сульфиды меди и цинка, постройки высотой до 20 м, протяженность поля 200 м по латерали, активные гидротермальные выходы с T 306°C. Содержание металлов: Zn 9, Cu 8%, Ag 112, Au 0,8 г/т;

южная часть хр. Горда, трог Эсканаба. Холмы диаметром десятки метров и высотой несколько метров с трубами в верхних частях, залегающие на осадках. Между холмами сульфидные покровы толщиной до нескольких десятков сантиметров. Сульфиды Zn, Pb, Cu, Fe. Активные гидротермы не выявлены. Содержания металлов: Zn до 43,2, Pb до 13,7, Cu до 4,9%, Ag до 680, Au до 1–2 г/т [26].

Приведенные примеры с благороднометалльной минерализацией в современных активных рифтовых зонах связаны с глубоководными обстановками и высокими температурами термальных источников. Автор обращает основное внимание на глубинность рудоносных осадочных бассейнов (как современных, так и древних), считая давление одним из ведущих факторов накопления золотосодержащих сульфидных осадков. Фактор глубинности бас-

сейна был достаточно детально исследован для рифтогенных каменноугольных бассейнов Южного Урала [4]. На основании больших объемов поискового профильного бурения в Кировско-Кваркенском и Айдырлинско-Синешиханском рудных районах Восточного Оренбуржья составлены детальные разрезы и карты, выделены рудоносные литолого-стратиграфические уровни, определены закономерности распределения различных фаций обвально-оползневых отложений и состав золото-сульфидной минерализации.

Становление рудоносных грабенов вдоль западной и восточной границ Восточно-Уральского поднятия связано с фамен-турнейским рифтогенезом и образованием продольных и диагональных сдвиговых зон на фронте Валерьяновского краевого вулканического пояса, развивавшегося на угловом стыке Восточно-Европейской платформы и Западно-Казахстанской плиты.

Обстановки формирования сдвиговых бассейнов, возникающих в активных окраинно-континентальных зонах, связанных с косыми межплитными и внутриплитными перемещениями, известны и в современных бассейнах. К ним можно отнести локальные структуры растяжения — рифтогенные глубоководные впадины Охотского, Японского, Южно-Китайского морей, Калифорнийского залива и др. К сходным структурам можно отнести и ряд черносланцевых палеобассейнов в окраинно-континентальных зонах, заложенных на стыках континентальных и океанических плит. Они могут рассматриваться в соответствии с кинематической классификацией А.М.С.Шенгера как пул-апарт бассейны, связанные с крупными сдвиговыми зонами. В числе подобных примеров надо отметить системы узких рифтогенных трогов Восточного Казахстана (Кызыловская зона, Бакырчикский рудный район), Южно-Букантауской зоны Кызылкумов (Кокпатасс-Окжетпеский рудный район) и Восточно-Уральского поднятия (серия рудных районов в обрамлении Аландско-Тогузакского тектонического блока).

Для рифтогенных грабенов Восточного Оренбуржья установлено сегментирование субмеридиональных грабенов диагональными разломами северо-западного направления, что определило клавишное строение основания и положение поднятых и погруженных блоков [4, рис. 25]. Блоковое строение основания грабена определяет латеральную фациальную неоднородность рудоносного черносланцевого разреза и положение центров гидротермальной активности. Разгрузка гидротерм и образование рудных залежей происходили под толщей осадков и в придонной части. Сейсмическая активность, сопровождавшаяся син- и поствулканиче-

ской гидротермальной деятельностью, провоцировала оползневые процессы, что приводило к частичному разрушению и перемещению мутьевыми потоками измельченного материала первичных золото-сульфидных руд в локальные впадины грабена. Поскольку гидротермальная активность и оползневые процессы были характерны для всего периода образования черносланцевых осадков, сульфидная минерализация различных фаз осадкообразования, включая продукты гидротермальной деятельности и бактериальной жизни, зачастую находятся в перемешанном (микститовом) состоянии, что подтверждается данными изотопных исследований состава сульфидной серы [4].

Для черносланцевых отложений раннекаменноугольных рифтогенных грабенов Восточного Оренбуржья в сравнении с золоторудными полями других черносланцевых провинций характерна хорошая сохранность реликтовых сингенетичных форм золото-сульфидной минерализации. В ряду изученных нами золоторудных объектов усиление степени трансформации и преобразования сингенетичной золото-сульфидной минерализации представляется в следующем виде (по мере нарастания интенсивности перекристаллизации сингенетичных сульфидов): объекты Кировско-Кваркенского рудного района → Бакырчикское рудное поле → объекты Верхне-Хатыннах-Олботского рудного узла → месторождение Кончоч-Скальное и объекты Шинг-Магианского рудного района → объекты Кокпатасского рудного поля → группа месторождений Даугызтауского рудного поля → Амантайтауское месторождение и объекты Сармич-Биранского рудного района → объекты Мурунтауского рудного поля.

В этой связи более подробно остановимся на характеристиках первичных золотоносных сульфидных образований, изученных на объектах Южного Урала (Кировско-Кваркенский, Айдырлинско-Синешанский и Брединский рудные районы). Здесь по результатам минералогических исследований выделены три сингенетичных минеральных комплекса:

железо-оксидно-сульфидный минеральный комплекс в виде землистых и колломорфных гематит-марказит-мельниковитовых агрегатов, иногда с примесью микровыделений ковеллина и халькозина. На флангах гидротермальных полей установлена также карбонатно-сульфидно-оксидная (сидерит-мельниковит-гематитовая) минерализация в виде конкреционно-желвачковых послойных обособлений в песчаниках. Обстановка их образования отвечает мелководным условиям. Песчаные осадки ассоциируют с горизонтами антракослит-шунгитов с крупнообломочным (до первых десятков сантиметров) растительным детритом и скопле-

ниями водорослей;

биогенно-сульфидный минеральный комплекс, представленный вкрапленностью фрамбоидального и глобулярного пирита. Фрамбоиды — сферические зерна размером от первых микрометров до 60 мкм, преобладающий размер 10–30 мкм. Их отличает однородное полигональное внутреннее строение с размерами ячеек от десятых долей до первых микрометров. Эти образования встречаются в виде рассеянной вкрапленности в колониальных скоплениях и считаются продуктами бактериальной жизни. Фрамбоиды сложены пиритом, очень редко халькопиритом и ковеллином. Они ассоциируют с углефицированными органическими остатками. В отличие от фрамбоидов глобулярный пирит не обладает полигональным внутренним строением. Он образует рассеянную и ступковую вкрапленность более крупной размерности (до первых сотен микрометров). Внутреннее строение глобулей обычно ситовидно-ячеистое, глобулярно-комковидное или хлопьевидное. Их образование, вероятно, связано с раскристаллизацией сульфидных коллоидов при диагенезе сульфидных илов. Фрамбоидальные и глобулярные пириты обычно находятся в тесной пространственной ассоциации. В ряде случаев в скоплениях глобулярного пирита встречены микровыделения самородного золота;

золото-мышьяковисто-сульфидный минеральный комплекс включает три главных парагенезиса — пиритовый с золото-халькопирит-пирротинным микропарагенезисом, арсенипирит-пиритовый и пирит-халькопирит-(пирротин)-полисульфидный. Они возникали синхронно и характеризуются фациальными переходами. Образование парагенезисов связано с перекристаллизацией золотоносных поликомпонентных сульфидных осадков. При начальной перекристаллизации оксидно-сульфидного агрегата наблюдается развитие кайм новообразованного пирита. Ее усиление сопровождается ростом зерен ситовидно-ячеистого пирита с увеличением размеров кристаллов от 50–100 мкм до нескольких миллиметров. При этом в кристаллах новообразованного пирита иногда сохраняются реликты землистых гематит-мельниковитовых агрегатов. Интенсивность перекристаллизации может визуально оцениваться по комбинационной сложности и совершенству вершинных и гранных форм новообразованных кристаллов пирита. Повышение степени однородности зерен отражается в уменьшении количества микровключений глинистых минералов и первичных «землистых сульфидов». Перекристаллизация и рафинирование землистых сульфидных скоплений приводит к образованию золотоносного сульфидного микропарагенезиса (парагене-

зис микровключений), который состоит из лейкоксена, пирротина, халькопирита, кубанита, арсенопирита, самородного золота. Количество микровключений (в том числе и золота) в ситовидно-ячеистом пирите изменчиво. Это определяет высокий разброс содержаний Au в рудных залежах от десятых долей до первых десятков грамм на 1 т [4]. Состав арсенопирит-пиритового парагенезиса варьирует от существенно пиритового с единичными кристаллами арсенопирита до существенно арсенопиритового с примесью пирита. Ореолы арсенопирит-пиритовой ассоциации развиты в центральных частях ореолов пирита со сложными габитусными формами. Вкрапленники арсенопирита представлены как несовершенными, так и хорошо образованными кристаллами призматической и игольчатой формы. Размеры вкрапленников варьируют от нескольких десятков микрометров до нескольких миллиметров. Для арсенопирита характерно однородное внутреннее строение. Микровключения пирротина, халькопирита и самородного золота в нем встречаются реже, чем в пирите. Учитывая, что возрастание доли арсенопирита в составе ассоциации сопровождается увеличением золотоносности сульфидных концентратов, можно предположить наличие золота в арсенопирите в форме наночастиц. По периферии арсенопирит-пиритовой вкрапленности в цементе пород в виде сыпи мелких кристаллов развит пирит-халькопирит-(пирротин)-полисульфидный парагенезис. В его составе отмечаются выделения марказита, сфалерита, галенита, теннантита, ковеллина и самородного золота.

Особенности распределения сингенетических сульфидов определяются фациальной неоднородностью разреза. Смена оксидно-сульфидных парагенезисов сульфидными и мышьяковисто-сульфидными связана с изменением окислительно-восстановительной обстановки седиментации и вариациями количественных соотношений продуктов биогенно-хемогенных и вулканогенно-осадочных процессов. Высокая изменчивость этих соотношений видна из сопоставления изотопного состава сульфидной серы [4, рис. 33]. Изотопный состав определен более чем по 500 образцам, отобранным из различных частей рудоносного разреза. Изотопные определения проводились С.Г.Кряжевым, Н.В.Гуриной, А.П.Глуховым в отделе минералогии и изотопной геохимии ФГУП «ЦНИГРИ». Установлен широкий диапазон значений изотопного состава серы от -39 до +26‰, что предполагает различные источники серы. Максимальный интерес представляют пириты с околонулевыми значениями $\delta^{34}\text{S}$ [4, рис. 33], которые связаны с гидротермально-осадочными процессами и обладают весьма высокой золотоносностью.

По данным атомно-абсорбционного анализа содержания Au варьируют в диапазоне 5–250 г/т, максимальные значения достигают 405 г/т.

Высокие положительные значения изотопного состава серы, вероятно, связаны с участием сульфат-иона морской воды при хемогенном осаждении сульфидов. Утяжеление изотопного состава серы в этом случае может служить признаком придонного осаждения сульфидов в условиях свободного доступа сульфат-иона океанической воды, а снижение положительных значений $\delta^{34}\text{S}$ — признаком кристаллизации сульфидов в погребенных осадках, лишенных свободного доступа морской воды. Максимальные положительные значения $\delta^{34}\text{S}$ на различных участках варьируют от +9 до +26‰, что позволяет выстроить гипотетический ряд хемогенного сульфидообразования от условий придонного осаждения из гидротермальных источников к условиям разгрузки гидротерм под толщей осадков. Заметное снижение положительных значений $\delta^{34}\text{S}$ на ряде участков может быть связано с захоронением сульфидоносных осадков мутьевыми оползневыми потоками, широко распространенными в изученных разрезах рудного района.

Облегченный состав сульфидной серы (значения $\delta^{34}\text{S}$ достигают -39‰) соотносится с биогенной серой, связанной с сульфат-редукцией. Возрастание биопродуктивности палеобассейна, определенное по доминированию облегченной серы на различных участках рудного района, отмечается в направлении от максимально глубоководных высокозолотоносных сегментов бассейна к его флангам (поднятым блокам). При этом минимальные значения $\delta^{34}\text{S}$ изменяются от -10‰ (в погруженных частях) до -39‰ (в приподнятых). Заметим, что в этом же направлении снижается степень мышьяковистости сульфидных осадков (уменьшается количество арсенопирита). Вероятно, снижение биопродуктивности в погруженных сегментах бассейна было связано с поступлением в область седиментации высокомышьяковистых растворов, неблагоприятно воздействующих на бактериальную жизнь. Сходное явление нами установлено в верхнеатканских отложениях Верхне-Хатыннах-Олботского рудного узла, где в мощной (>300 м) толще углеродистых алевропелитов и диамиктитов локализована сингенетичная золотоносная пирит-арсенопиритовая минерализация. При этом количество бактериальных форм пирита (скоплений фрамбоидов) крайне низкое, что подтверждается и данными изотопного состава серы сульфидов. Диапазон вариаций $\delta^{34}\text{S}$ находится в области околонулевых и слабоположительных значений, а значения с легким изотопным составом практически отсутствуют.

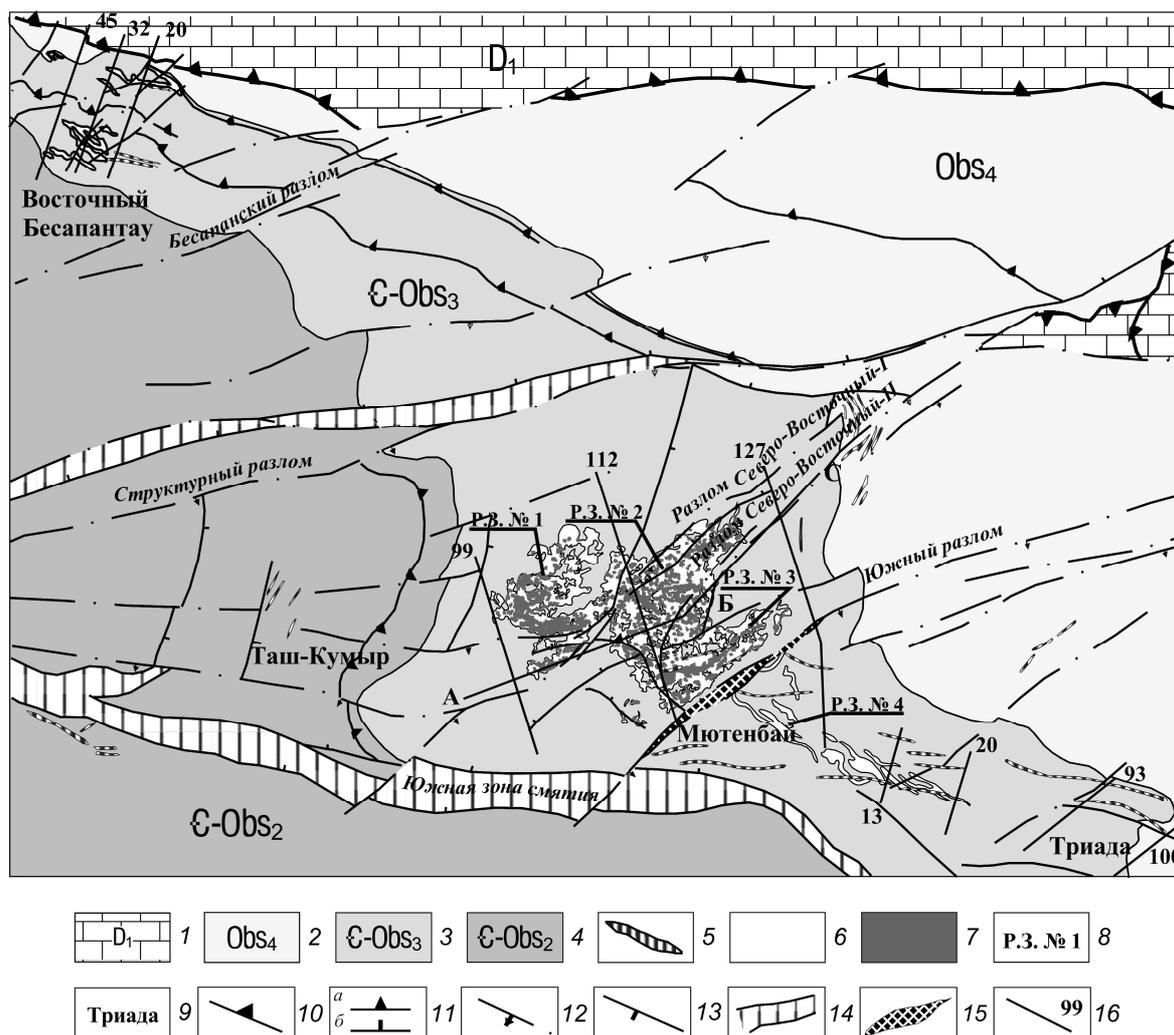


Рис. 1. Схема размещения золоторудных штокерков Мурунтауского рудного поля:

1 — нижнедевонские известняки, доломиты; 2 — зеленый бесаян — надрудная ордовикская флишеидная алевроитопесчаниковая толща; 3 — пестрый бесаян (без расчленения) — рудоносная кембрийско-ордовикская фациально неоднородная толща углеродистых, кремнистых сланцев, алевролитов и песчаников; 4 — черный бесаян — подрудная ордовикская толща углеродисто-кремнистых сланцев и кварцитопесчаников; *интрузивные образования*: 5 — дайки сиенитов, диоритовых порфиритов (без разделения); 6 — с рядами содержаниями Au, 7 — с богатыми рудами (по данным эксплуатационных работ на 1988 г.); 8 — номера рудных залежей; 9 — названия рудных участков; *структурные элементы*: 10 — зона главного надвига в основании нижнедевонских отложений, 11 — надвиги (а) — взбросо-сдвиги (б), 12 — диагональные и продольные сбросо-сдвиги, 13 — субмеридиональные разломы, 14 — зоны смятия, 15 — зоны углеродистых милонитов; 16 — линии опорных разведочных профилей, их номера

Оптимальную обстановку накопления больших объемов золотоносных сульфидных осадков в черносланцевых отложениях можно связать с палеогидротермальными полями достаточно глубоководных эксинных впадин и с поступлением высокотемпературных мышьяковисто-сернистых соединений, гетерогенизация которых происходит в придонной части в области субкритических давлений и температур. Размеры маринных гидротермальных

полей, интенсивность и длительность гидротермальной деятельности будут определять масштабы золотоносных сингенетических сульфидных залежей.

По нашему мнению, главным фактором, определяющим уровень золотоносности черносланцевых осадков, является давление в системе, которое обусловлено глубиной бассейна и мощностью осадков, перекрывающих область разгрузки гидро-

терм. Мощность столба воды и осадков регулируют давление и температуру вскипания рудоносных флюидов. Известно, что чем выше температура гетерогенизации и чем ближе она к критической температуре воды ($T_{кр}$ 374°C, $P_{кр}$ 218 атм), тем выше концентрации растворенного рудного вещества. Поступление глубинных субкритических и надкритических флюидов в придонную часть бассейна седиментации возможно только для обстановок глубоководных впадин с батиметрическими отметками ~2 км и более (с учетом нескольких сотен метров илистых осадков). Гетерогенизация флюида в придонной зоне приводит к разделению флюида на водные и газовые струи. Потоки гетерогенные, пульсирующие со сложным газо-гидродинамическим взаимодействием с океанической водой и донными илами. Газовые струи, насыщенные летучими компонентами, конденсируются с образованием высококислотных растворов. При их взаимодействии с осадками и породами цоколя образуются стратоидные и комбинированные ореолы метасоматитов (в Южно-Уральских районах — стратоидные ореолы аргиллизации и джаспероидизации, в атканских отложениях Верхне-Хатыннах-Олботского рудного узла — стратоидная альбитизация, в Амантайтауском рудном поле и на месторождении Кумтор — двуполовошпатовые стратифицированные метасоматиты с рудными ритмитами). Синхронно с этим насыщенные рудными компонентами водно-солевые гидротермальные струи при взаимодействии с океанической водой и углеродистыми осадками формируют стратоидные залежи золото-сульфидных руд.

В мелководных и прибрежных условиях по мере уменьшения глубины бассейна флюида, достигающие придонной поверхности, должны обладать все более и более низкими температурами вскипания. При этом отложение рудного вещества будет происходить в транзитной зоне (в подводных разломах основания) вследствие непрерывного кипения флюида при его подъеме к поверхности дна (движение кипящей флюидной колонны). В мало-глубинных прибрежных условиях возможны только низкотемпературные термы с невысокими концентрациями растворенных металлов, которые даже при наличии высокотемпературных газовых струй могут создать ореолы с рассеянным типом минерализации или рудные залежи незначительных масштабов. Примеры подобных образований многочисленны и обычно они квалифицируются как зоны рассеянной минерализации.

Одним из примеров служат мелководные гидротермальные поля южной части Айдырлинско-Синешиханского рудного района, где содержания Au,

связанные с арсенопирит-пиритовой вкрапленностью в песчаниках и рудно-конкреционных горизонтах с обильной арсенопиритовой минерализацией, обычно не превышают 1 г/т [4].

Структурная трансформация первичных залежей и регенерация (перекристаллизация, растворение, переотложение) сульфидных агрегатов связаны с процессами дислокационного метаморфизма и рудно-метасоматическими преобразованиями, сопряженными с коллизионными гранитоидами.

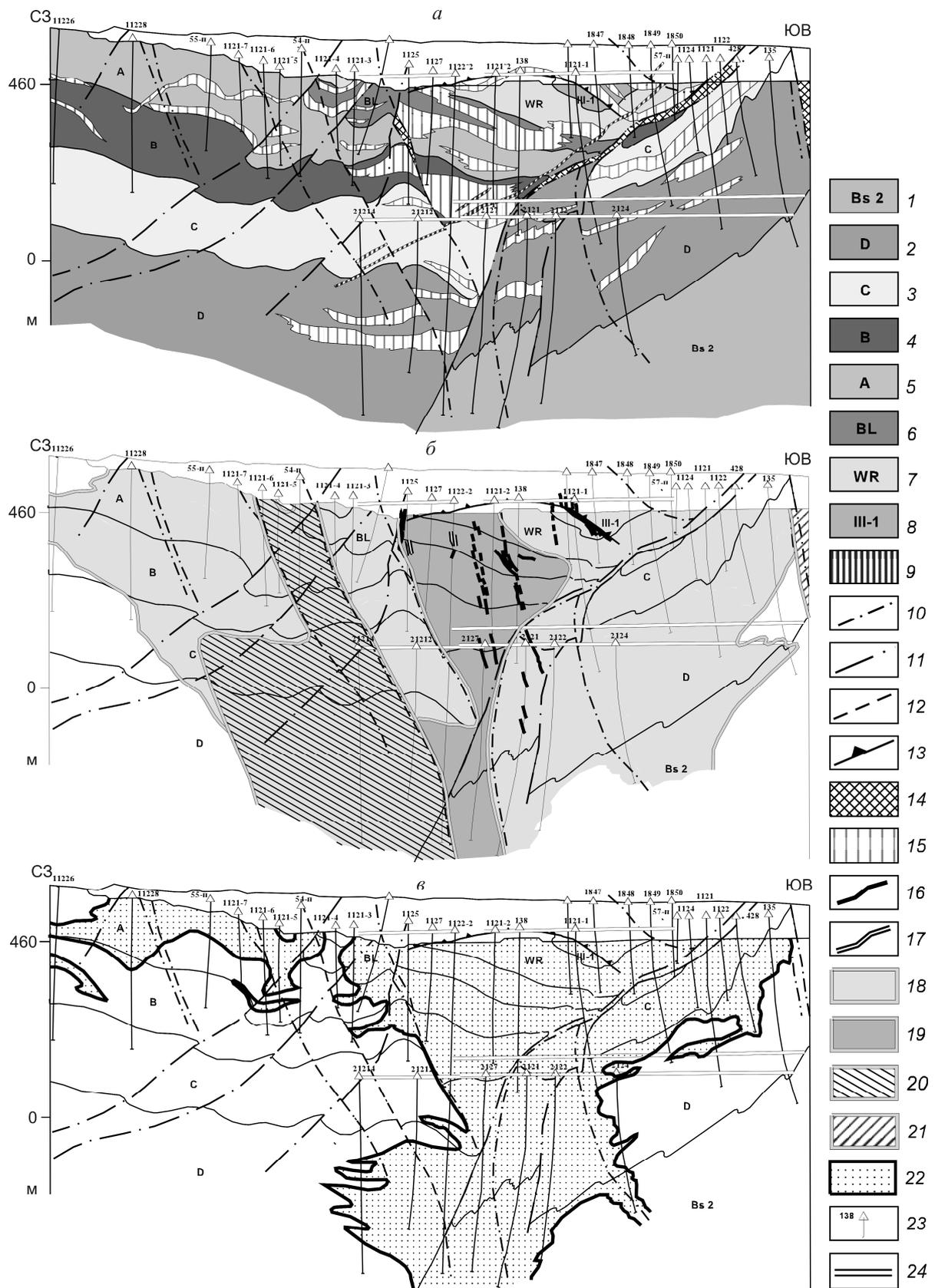
В указанном выше ряду объектов с увеличением интенсивности преобразования первичных золото-сульфидных концентраций в качестве одного из максимально преобразованных рудных объектов выделено Мурунтауское рудное поле.

Коротко остановимся на этапах формирования Мурунтауского мегаштокверка, поскольку они в достаточном объеме описаны только в специальной монографии [13], в которой автором данной статьи приведены основные характеристики рудно-метасоматической зональности месторождения.

Мурунтауское рудное поле, помимо уникального по масштабам месторождения Мурунтау, включает группу фланговых объектов — Мютенбай, Бесапантау, Южный Бесапан, участки Восточный, Таш-Кумыр, Триада (рис. 1). Все эти объекты, исключая рудопроявление Ташкумыр, приурочены к единому рудоносному литолого-стратиграфическому уровню, к отложениям подсвиты пестрый бесапан (Є–О). Рудоносные отложения пестрого бесапана характеризуются фациальной неоднородностью и увеличенной мощностью на участке, где локализован Мурунтауский штокверк (рис. 2). Отметим, что скрытые гранитоиды, установленные по данным сверхглубокой скважины на глубине ~5 км, приурочены к непродуктивному южному тектоническому блоку, характеризующемуся сокращенной мощностью бесапанских отложений.

Мощные разломы северо-восточной ориентировки, в первую очередь Южный, представляют собой конседиментационные структуры длительного развития. Они входят в систему северо-восточных эшелонированных конседиментационных разломов (Южный, Амантайтауский, Асаукакский), рудоконцентрирующая роль которых является определяющей для Центрально-Кызылжумского тектонического блока [3]. В зоне влияния этих разломов локализованы основные золоторудные объекты Мурунтауского, Амантайтауского и Даугызтауского золоторудных полей.

Рудолокализирующая структура представлена сигмоидальным флексурным изгибом пологих субпослойных зон расланцевания, связанным с крупными эшелонированными взбросо-сдвигами про-



дольного (субширотного) плана. Формирование структуры Мурунтауского мегаштокверка и фланговых месторождений (сателлитов) определяется многоэтапными деформациями, сопровождавшимися развитием систем продольных и диагональных разрывов и сопряженных пологих зон расщепления. Распространение рудоносных метасоматических ореолов (см. рис. 2) — раннерудных биотит-полевошпат-кварцевых, позднерудных альбит-кварцевых и связанных с ними золото-шеелит-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых прожилков (жил) — определяется комбинацией крутопадающих и пологих элементов структуры, развивавшихся по типу дуплекса-структуры сжатия.

Этап сингенетического образования рудного вещества связан с гидротермально-осадочными процессами в локальных депрессиях подножия континентального склона с накоплением черносланцевых турбидитовых (флишоидных) отложений.

Этап тангенциального сжатия, дислокационно-метаморфизма и формирования продольных (запад-северо-западных) субсогласных зон расщепления и мощных сложно построенных синкinemатических кварцево-жильных зон обусловлен преддевонской коллизией. Кварцево-жильные зоны данного генетического типа распространены практически по всей площади выходов бесапанской свиты. Продолжающиеся процессы коллизионного сжатия в условиях неоднородности основания, связанного с древними диагональными конседиментационными разломами, привели к формированию S-образной сигмоидальной складки — Мурунтауской синклинали, осложненной системой северо-восточных правосторонних взбросо-сдвигов. На этом этапе формировались зонально построенные объемные биотит (флогопит)-полевошпат-кварце-

вые метасоматиты и стержневые золото-шеелит-(арсенопирит (I))-кварцевые жилы [1]. Датировки возраста по Rb-Sr изохроне биотит (флогопит)-полевошпат-кварцевых метасоматитов и гранитоидов показали их временную близость и приуроченность к рубежу 274–277 млн. лет [16].

Релаксация и начало растяжения привели к образованию левосторонних сбросо-сдвигов, окончательному оформлению блокового строения месторождения, формированию ансамбля сегментов сжатия и растяжения. С этим этапом связаны усложнение структуры, внедрение порфиритовых даек, образование ореолов кварц-альбитовых метасоматитов, кварц-турмалиновых брекчий и золото-арсенопирит (II)-кварцевых жил. Возраст кварц-альбитовых метасоматитов по Rb-Sr изохроне, по данным Ю.А.Костицына [16], ~255 млн. лет.

Позднерудный этап с золотоносной серебро-сульфосольной минерализацией, сопряженной с аргиллизацией и кварц-адуляровыми метасоматитами, локализован в южной части месторождения, в зоне древнего Южного разлома. Время формирования адуляровых метасоматитов по Rb-Sr изохроне Ю.А.Костицыным отнесено к пермотриасу. Таким образом, многоэтапная и сложная трансформация сингенетических рудных концентраций и формирование Мурунтауского мегаштокверка продолжалась >50 млн. лет. Температуры образования основных рудных парагенезисов месторождения [5] по результатам изучения газовой-жидких включений соответствуют интервалу 500–200°C, а начало гетерогенизации (вскипания) растворов относится к достаточно высокотемпературной области (400°C). Отметим, что оценка давления по углекислотноводным включениям дает значения в пределах от 1400 (в центре поля) до 800 бар (на флангах поля);

Рис. 2. Схема строения Мурунтауского штокверка, поперечный разрез по линии 112:

a — строение рудоносного разреза; *b* — метасоматические ореолы; *в* — морфология золоторудного штокверка; 1 — подрудные отложения черного бесапана — углеродисто-кремнистые сланцы, кварцитовидные песчаники; части разреза пестрого бесапана; 2 — углеродистые и хлорит-слюдистые сланцы, алевролиты с мощными (до 20 м) прослоями кварцитовидных песчаников, в отдельных прослоях повышена известковистость; 3 — грубослоистое линзовидное переслаивание мелкозернистых хлорит-слюдистых песчаников и углеродистых алевролитов, редкие маломощные прослои известковистых и углеродисто-кремнистых песчаников, углеродистых сланцев; 4 — грубослоистое неоднородное до тонкого линзовидное переслаивание метаполосчатых углеродисто-слюдистых алевролитов, мелкозернистых песчаников и углеродистых сланцев; 5 — неоднородное, от тонкого до грубого, переслаивание кварцитовидных углеродистых песчаников и углеродистых сланцев; 6 — углеродистые сланцы с прослоями углеродистых песчаников, в верхней части пачки преобладают углеродистые кварцитовидные песчаники; 7 — грубослоистые и массивные углеродистые песчаники, иногда кварцитовидные; 8 — переслаивание кварцитовидных алевролитов, песчаников, углеродистых хлорит-слюдистых сланцев; *интрузивные образования*: 9 — дайки сиенито-диоритов; *структурные элементы*: 10 — правосторонние взбросо-сдвиги, 11 — левосторонние сбросо-сдвиги, 12 — субмеридиональные разломы, 13 — надвиги, 14 — зоны углеродистых милонитов; *жильные образования*: 15 — дорудные синкinemатические кварцевые жилы и прожилки, связанные с субпослойным расщеплением; 16 — золото-кварцевые жилы и прожилки с кварц-шеелитовой минерализацией и околожильной калишпатизацией; 17 — золото-арсенопирит-кварцевые жилы с околожильной альбитизацией; *метасоматиты*: 18 — объемные флогопит-полевошпат-кварцевые, 19 — кварц-калишпатовые (центральные зоны объемных метасоматитов), 20 — ореолы развития порфиробластов биотита, 21 — ореолы кварц-альбитовых изменений; 22 — контуры рудных тел по данным эксплуатации с рядовыми содержаниями Au; 23 — скважины, 24 — горные выработки

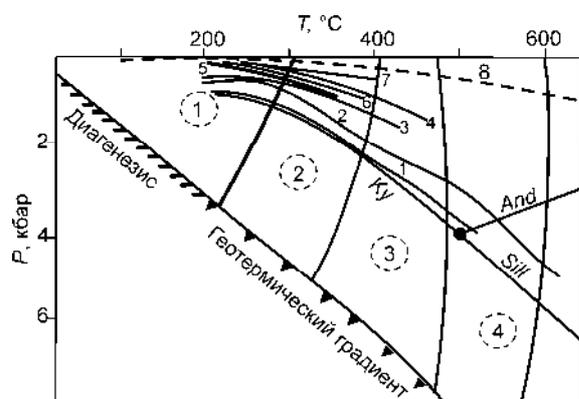


Рис. 3. Параметры рудообразующих флюидов на золоторудных месторождениях (на диаграмме фаций метаморфизма пелитов, по А.А.Маракушеву):

цифры в кружках — фации: 1 — глинистых сланцев, 2 — филлитов, 3 — хлорит-мусковитовых сланцев, 4 — двусланяных сланцев и гнейсов; термобарические характеристики флюидов для типовых месторождений: 1 — Сухой Лог, 2 — Олимпиадинское, 3 — Мурунтау, 4 — Бакырчик, 5 — Чоре, 6 — Майское, 7 — Бобриковское; 8 — линия критической температуры 20-процентного водного раствора NaCl; Ky — кианит, And — андалузит, Sill — силлиманит

разница в давлении 600 бар отражает избыточное флюидное давление в системе.

Известный нам по данным собственных исследований и работам других авторов на различных золоторудных месторождениях температурный диапазон отложения золотоносных минеральных комплексов варьирует в пределах от 500–450 до 200–150°C, а давление по включениям составляет для наиболее глубоких месторождений до 1,5–2 кбар (Сухой Лог, Олимпиадинское) и снижается до 300–170 бар в малоглубинных (Майское; Карлин) (рис. 3). Нижний термобарический предел отложения продуктивных минеральных комплексов отвечает кривой критических температур водно-солевого раствора.

Изменения термобарических параметров развития прожилковых и жильных золоторудных парагенезисов на различных месторождениях соотносятся с различиями состава минеральных ассоциаций и типами метасоматических преобразований вмещающих пород. Отложение золотоносных ассоциаций в черносланцевых месторождениях обычно сопровождается калиевыми метасоматитами, которые образуют следующий формационный ряд: гумбеиты → березиты → кварц-серицитовые → аргиллизиты. На рис. 4 приведен тренд изменения состава калиевых метасоматитов на типовых черносланцевых золоторудных месторождениях. В направлении снижения температуры и активности калия при метасоматиче-

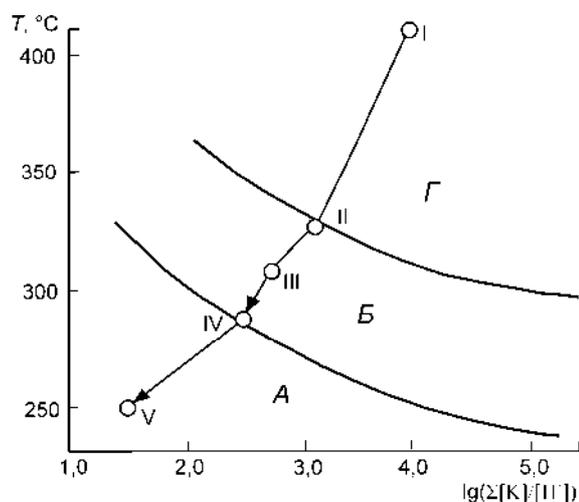


Рис. 4. Главный тренд метасоматических изменений на месторождениях золота черносланцевого типа (на диаграмме поля стабильности березитов в координатах $T - \lg(\Sigma[K]/[H^+])$; $X_{CO_2}=0,1$, $P=1000$ кг/см², по Г.П.Зарайскому и др. с дополнениями:

поля развития: Г — гумбеитов, Б — березитов, А — аргиллизитов; типовые месторождения: I — Мурунтау, II — Кокпатас, III — Бакырчик, IV — Даугызтау, V — Карлин

ских преобразованиях черносланцевых отложений сменяются и минералого-геохимические характеристики рудных парагенезисов от золото-редкометалльных (W, Bi) к золото-мышьковистым, сурьмяным и сурьмяно-ртутным. Весь этот ряд изменчивости состава метасоматитов и связанных с ними рудных парагенезисов отражает различные трансформации первичных золото-сульфидных залежей в различных геологических обстановках.

Резюмируя сказанное, можно сделать следующий вывод: образование крупнообъемных золоторудных месторождений черносланцевого типа определяется глубиной палеобассейнов, размерами палеогидротермальных полей и высокими термобарическими параметрами подводных гидротерм, а морфологические и структурно-вещественные характеристики месторождений зависят от типов трансформационных процессов, связанных с зонами дислокационного метаморфизма и рудно-метасоматическими процессами, связанными с гранитоидным магматизмом.

Автор выражает глубокую признательность своим коллегам: И.В.Арсентьевой, А.В.Ожерельевой, С.Г.Кряжеву, В.И.Романову, С.А.Светлову за совместную и плодотворную работу на золоторудных объектах Средней Азии, Южного Урала и Верхояно-Колымского региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ариффулов Ч.Х., Ажгирей Д.Г., Светлов С.А., Блинова Т.А. Структурные критерии прогнозирования вкрапленно-прожилкового оруденения на рудных полях Средней Азии // Тр. ЦНИГРИ. 1983. Вып. 173. С. 5–21.
2. Ариффулов Ч.Х. Золотоносность черносланцевых толщ и обстановки формирования рудных тел // Руды и металлы. 2010. № 1. С. 10–21.
3. Ариффулов Ч.Х., Арсентьева И.В., Ожерельева А.В. Обстановки формирования золоторудных месторождений в черносланцевых комплексах Южного Урала и Южного Тянь-Шаня // Мат-лы Международной конференции «Геология, тектоника и минерагения Центральной Азии» 6-8 июня 2011, ВСЕГЕИ. СПб., 2011.
4. Ариффулов Ч.Х., Арсентьева И.В., Ожерельева А.В. Золоторудные месторождения в рифтогенных черносланцевых отложениях Южного Урала. – М.: ЦНИГРИ, 2013.
5. Ариффулов Ч.Х., Романов В.И., Вишневская Н.А. Регенерированные месторождения «кызылкумского» типа // Руды и металлы. 1994. № 3–5. С. 46–57.
6. Богданов Н.А. Тектоника глубоководных впадин окраинных морей. – М.: Недра, 1988.
7. Богданов Ю.А., Сагалевиц А.М. Геологические исследования с глубоководных обитаемых аппаратов «Мир». – М.: Научный мир. 2002.
8. Газогеохимическое районирование и минеральные ассоциации дна Охотского моря / А.И.Обжиров, Н.В.Астахова, М.И.Липкина и др. – Владивосток: Дальнаука, 1999.
9. Геолого-геофизические исследования рифтовой зоны северной части Атлантического срединно-океанического хребта / А.П.Кузнецов, А.М.Богданов, А.М.Сагалевиц и др. // Океанология. 1984. № 5. С. 851–855.
10. Геотермальная активность и осадочный процесс в Карибско-Мексиканском регионе / В.И.Кононов, В.П.Зверев, М.Д.Хуторской и др. – М.: Наука, 1990.
11. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А. Стратиморфное рудообразование в черных сланцах. – М.: Наука, 1986.
12. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Котина Р.П., Пащикова Е.А. Механизмы концентрирования благородных металлов в терригенно-углеродистых отложениях. – М.: Научный мир, 1999.
13. Золоторудное месторождение Мурунтау / И.М.Голованов, А.Т.Закиров, Г.А.Исаходжаев и др. – Ташкент: ФАН, 1998.
14. Иванов А.И. Золотоносность Байкало-Патомской металлогенической провинции: Автореф. дис... д-ра геол.-минер. наук. – М.: ЦНИГРИ, 2010.
15. Карта теплового потока и гидротермального оруденения в Мировом океане. М-б 1:20 000 000 / Под ред. И.С.Граumberга, А.А.Смылова – Л.: ВСЕГЕИ, 1986.
16. Костицын Ю.А. Rb-Sr система пород и минералов месторождения Мурунтау: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – М.: Ин-т геохимии и аналитической химии, 1991.
17. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. – М.: Наука, 1988.
18. Некрасов И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. – М.: Наука, 1991.
19. Павлов А.Л. Влияние режима кислотности-щелочности растворов на миграцию элементов и образование минеральных соединений в природных условиях // Физика и физикохимия рудообразующих процессов. Новосибирск, 1971. С. 78–100.
20. Строение дна Охотского моря / Отв. ред. В.В.Белусов, Г.Б.Удинцев. – М.: Наука, 1981.
21. Структура и динамика литосферы и астеносферы Охотоморского региона / Отв. ред. А.Г.Родников, И.К.Туезов, В.В.Харахинов. – М.: Национальный геофизический комитет, 1996.
22. A high-temperature hydrothermal deposit on the seabed at the Gulf of California spreading center // Earth Planet. Sci. Lett. 1980. Vol. 49. № 1. P. 8–20.
23. Johnson H.P., Tunnicliffe V. Time-lapse camera measurements of a high-temperature hydrothermal system Axial seamount: Juan de Fuca Ridge // EOS. 1986. Vol. 67. № 44. P. 1283.
24. Kingstone M.J., Delaney J.R. Sulfide deposits from Endeavour sediment of the Juan de Fuca Ridge: comparison with other sea floor occurrences // EOS. 1983. Vol. 64. № 45. P. 723.
25. Lonsdale P.F. Hot vents and hydrocarbon seeps in the Sea of Cortes // Oceanus. 1984. Vol. 27. № 3. P. 21–25.
26. Rona P.A., Clague D.A. Geologic setting of hydrothermal activity at the North Gorda Ridge // EOS. 1986. Vol. 67. № 44. P. 1028.

УДК 553.2 (553.411.071)

© Ю.И.Бакулин, 2014

ОСОБЕННОСТИ КРУПНООБЪЕМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА**Ю.И.Бакулин (ГОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет»)**

Золотоносные черные сланцы формируются при геологических процессах, включающих мобилизацию и перераспределение рудных элементов. В результате этих процессов возможно возникновение крупнообъемных месторождений. Главные промышленные месторождения — урана, золота, металлов платиновой группы. Рудообразование многостадийное и полигенное. Назрела целесообразность научного определения рудоносной формации черных сланцев. Месторождения формации имеют характерные диагностические свойства, такие как углеродистость, геологические условия локализации, масштабность, особенности вещественного состава.

Ключевые слова: рудоносная формация черных сланцев, золото, углеродистость, полигенетическое рудообразование, регенерация, платиноносность, масштабность оруденения, обогатимость руд.

Бакулин Юрий Ильич, y-1936@yandex.ru

SOME SPECIAL FEATURES OF LARGE-SCALE GOLD DEPOSITS**Yu.I.Bakulin**

Gold-bearing black shales were formed as a result of geological processes, including mobilization and relocation of the wide list of ore elements. The certain industrial metal large-scale deposits appear, among main metals are uranium, gold, metals of platinum group. Mineralization is developing within many phases in time aspect and polygenetic according to the character of mineralization. This fact gives appropriateness of scientific definition of ore-bearing formation of black shales: to fix a required bulk of genetic attributes of formation, range of changes of diagnostic features and other important factors. For working out the formation attributes of black shales mineralization, gold is the acceptable object due to its high mobility and various information about mineralization. Deposits of formation have typical diagnostic characteristics, such as carbonaceous, geological conditions of localization, large scale, peculiarities of material analysis.

Key words: ore-bearing formation of black shales, gold, carbonaceous, polygenetic mineralization, regeneration, platinum, large scale of mineralization, ore washability.

Высказывание В.И.Смирнова о том, что месторождения полезных ископаемых формируются в процессе дифференциации минеральных масс при их кругообороте в осадочном, магматическом и метаморфическом циклах образования горных пород и геологических структур [7], позволяет составить предварительное представление о масштабах месторождения по совокупности геологических процессов мобилизации металлов. При такой самой общей оценке в разряд перспективных металлов и благоприятных процессов можно включить золото и рудообразование, относимое к углеродистому, или черносланцевому, типу.

Золото характеризуется набором контрастных свойств. Это один из самых тяжелых металлов (19,3 г/см³) и в тоже время один из самых рыхлых (структурная рыхлость Ω равна 10,21 против 3,42 у алмаза — структурно самого плотного минерала). Будучи химически инертным атомом, золото распространяется по всему спектру геологических процессов экзогенного и эндогенного происхождения [3, 4], обладает признаками магматогенного и седиментогенного накопления, которые наблюдаются в золотоносных черных сланцах. Еще одна контрастность выражается в низких кларке и кон-

центрациях его в руде, с одной стороны, и способности формировать большие массы руды, с другой. Термин «золотоносные (и рудоносные вообще) черные сланцы» широко применяется, хотя в научном отношении он не «оформлен»: не зафиксирован необходимый объем генетических признаков формации, диапазон изменения диагностических признаков, других важных показателей. Для разработки формационных признаков черносланцевого оруденения золото — приемлемый объект в силу широкой подвижности и наличия разнообразной информации о рудообразовании.

Отдельные аспекты рассматриваемого рудообразования характеризовались автором [2, 9], более обстоятельно — М.М.Константиновым [5] и другими исследователями. Термин рудоносные «черные сланцы» используется при описании геологических процессов, связанных с мобилизацией, перераспределением рудных элементов и образованием промышленных месторождений урана, золота, металлов платиновой группы. Рудообразование развивается многостадийно во временном аспекте и полигенетически по характеру рудообразующих процессов. Можно утверждать, что руды этого формационного ряда связаны как с миграцией и накоплением

Типизация золотоносных черносланцевых бассейнов

Типы бассейнов	Стадии развития	Осадочные формации	Примеры
Внутренние бассейны краевого прогиба	Завершающая	Алевритоглинистая	Бодайбинский прогиб
Шовные	Поздние	Алевритоглинистая	Джагдинская зона Амуро-Охотской системы
Приразломные осадочные бассейны	Начальные	Флишевая	Аллах-Юньская зона Яно-Колымской системы
	Поздняя	Алевритоглинистая	
Остаточные пост-инверсионные бассейны	Поздняя	Алевритоглинистая	Амгуньский синклинорий Сихотэ-Алинской системы

углеводородов (продуктов органического происхождения), так и с эндогенным рудообразованием.

Рудоносные черные сланцы отлагаются в приразломных осадочных бассейнах, отличающихся линейностью, большой амплитудой прогибания и участием в седиментации продуктов эндогенного происхождения. Состав осадков свидетельствует о зрелой стадией эрозии прилегающих континентальных блоков — их пенеппенизации. Важная особенность прогибов — слабая степень орогенеза и завершающего магматизма. Углеродистость осадков, представленная рассеянным органическим веществом (РОВ), в зависимости от степени метаморфизма диагностируется черной окраской или шелковистым блеском, а в слабометаморфизованных породах можно отметить запах при ударе молотком, пачканье рук.

Контролирующие разломы имеют глубокое заложение и обеспечивают поступление глубинных флюидов, обогащенных углеводородами и металлами, прежде всего золотом и металлами платиновой группы (МПГ). Рудообразование начинается в стадию осадконакопления, продолжается на стадиях диагенеза, катагенеза, метаморфизма и наложенных регенерационных процессов, связанных с новыми тектономагматическими этапами развития.

Отличительные геологические особенности золотоносных площадей. Типы осадочных бассейнов. Осадочные бассейны принадлежат к шовным, пограничным (краевым), остаточным типам. Анализ фациальной обстановки и роли серы в осадконакоплении свидетельствует об образовании черных сланцев в изолированных, разобленных бассейнах, обеспечивающих закрытый геохимический режим при отложении осадков. Образование таких бассейнов обычно происходит после промежуточной частичной инверсии, слабого орогенеза. Их особенности и примеры приведены в таблице.

Эндогенные продукты осадконакопления. Эндогенная активность разломов выражается присут-

ствием в осадках туфогенного материала, редкими дайками и силлами магматических пород среднего и основного составов, а также привнесом из глубин в зону осадконакопления рудных элементов и углеводородов, образуемых при распаде гидридов, карбидов и других глубинных образований в зоне разлома. Ювенильные неравновесные флюидные системы, содержащие биофильные элементы, служат благоприятной средой для зарождения первичных органических соединений, которые в силу трофического принципа организации биосферы могут быть источником жизни. Органические соединения, пройдя непродолжительный путь развития, отмирают, обогащая осадки РОВ. Устанавливаемое аналитически в осадочных породах РОВ — лишь незначительная часть первоначальной массы органики, захороненной в породе при осадконакоплении. Это нафтоидный остаток процесса дистилляции органического вещества. При метаморфизме он преобразуется в антракосилиты. Поэтому, говоря об углеродистости черных сланцев, следует иметь в виду органику вообще [8]. Связь металлоносности с органическим веществом показана на следующих примерах. Работами ДВИМС [1] выявлена повышенная металлоносность (золото, металлы платиновой группы) бурых углей ряда месторождений Дальнего Востока (ранее В.В.Середин определил золото в углях Приморья) и их золошлаковых материалов. В 2000 г. А.А.Черепановым выделены металлы платиновой группы из растений (березы); золото и платина обнаружены в продуктах переработки нефтей о. Сахалин. Однако пока речь может идти лишь об эмпирической связи золота и МПГ с органическим веществом, поскольку научные исследования о формах такого сонахождения не проводились. О видах металлоорганических соединений можно только высказывать предположения. Одним из возможных видов могут быть металлоорганические (или протоорганические) соединения, названные итальянскими учеными Бруно

Д.Ардженио и Джузеппе Джераци «кримсами, или кристаллическими микробами». Для метаморфизованных разностей «черных сланцев» не исключается участие металлов в фуллеренах.

Стадии рудообразования. Первая стадия генерации и образования рассеянного оруденения связана с седиментационным процессом. На примере золота видно, что на начальных стадиях седиментационного цикла и эрозии образуются золотоносные конгломераты, с колебательными процессами средних стадий связан золотоносный флиш (типа Аллахюнь, Россия; Бендиго, Австралия), на поздних — золото накапливается в фациях удаленного сноса (Майское, Сухой Лог и др., Россия). В фациях удаленного сноса происходит смешение седиментогенных и эндогенных продуктов, находящихся в растворенном состоянии, с образованием сложных соединений, хотя и рассеянных, но в более концентрированном состоянии.

Вторая стадия — диагенез — катагенез — метаморфизм — главная рудообразующая. В это время элементы дифференцируются в пространстве в соответствии с рядом подвижности элементов при метаморфизме Д.С.Коржинского: H_2O , CO_2 , S, SO_2 , Cl, K_2O , Na_2O , F, CaO, O_2 , Fe, P_2O_5 , BaO, MgO, SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 . Полнота геохимической колонны зависит от интенсивности и длительности воздействия, а время инверсии тектонического режима определяет отложение подвижной части элементов.

Углеводороды почти полностью отделяются на стадии метаморфизма, соответствующей углефикации типа Д, но часть углерода (до 0,5% по массе) остается, обуславливая характерную особенность пород. Это так называемое нерастворимое углеродистое вещество (НУВ). Изучение последнего на месторождении Сухой Лог [8] показало, что методами фракционирования его можно разделять на свободное (отделяемое водой), карбонатное, силикатное, сульфидное (отделяемое соответственно соляной, фтористо-водородной и азотной кислотами) и остаточное, не выделяемое в этих средах. Трудности извлечения НУВ объясняются нахождением его в форме фрамбоидов, покрытых сульфидами. Золотом наиболее обогащено свободное и сульфидное НУВ. Исследователи приходят к выводу, что НУВ имеет два источника — детритный (приповерхностный) и сорбированный (из глубинных, эндогенных источников).

Уран приобретает подвижность в том же диапазоне динамотермального воздействия, но на его вынос из системы влияет образование кристаллических минеральных соединений, позволяющих сохраняться урану в породе и при более высоких *PT*-параметрах. Например, в зоне диагенеза и ран-

него катагенеза часть урана удерживается в виде водного фосфата уранила, образующего с вивианитом изоструктурные соединения. Но при более высоком метаморфизме и замещении вивианита апатитом уран переходит в подвижную фазу. Аналогично уран удерживается кергизитом в виде твердых растворов водного триоксида урана. При метаморфизме углеводорода до графита уран также переходит в подвижную фазу (Н.А.Созинов, Н.П.Ермолаев). Всего, по данным этих авторов, из 1 м³ черных сланцев в подвижную фазу переходит до 9–11 г урана.

Основная масса халькофильных элементов отделяется до филлитовой фации метаморфизма. Они изоморфно присутствуют в породообразующих минералах, а основные их носители — плагиоклазы — на уровне *PT*-условий филлитов полностью освобождаются от халькофилов.

Золото в черных сланцах, как и углеводороды, имеет поверхностное и глубинное происхождение. Глубинное золото поступает, по-видимому, в составе хлоридных комплексов, разрушение которых ведет к образованию ультратонкого золота и на его основе коллоидных соединений и кластеров в лигандной с углеродом и безлигандной формах. При метаморфизме оно укрупняется. На месторождении Сухой Лог >30% золотин имеют размер 3–5 мкм, ~20% — 15–25 мкм [7]. При фракционировании в остатке остается неизвлекаемое золото размером <9 мкм. На стадии метаморфизма золотины растут как при химических, так и физико-химических процессах, слипаясь за счет поверхностных сил в результате низкой температуры Дебая (170°K), при которой атомы золота в узлах кристаллической решетки находятся в активированном состоянии. Золотины «слипаются» даже при сибирских морозах. Более интенсивно они увеличиваются при наложенных тектономагматических процессах, составляющих следующую стадию рудообразования — регенерационную.

Третья стадия — регенерация рассеянного оруденения — происходит под воздействием магматизма. Она заключается (в порядке возрастающей интенсивности воздействия) в перекристаллизации, образовании родственных минеральных обособлений в пределах прежних геологических тел, апофиз в соответствии с изменившимся полем напряжений, секущих жил ограниченной протяженности. Неоднородность рудного поля, возникшая на ранних стадиях развития, влияет на формирование наложенных новообразований — минерализованных зон, жил, штокверков. При этом сингенетические рудоносные образования затушевываются, но их связь с черными сланцами сохраняется.

Металлы платиновой группы аналитически в существенных количествах устанавливаются в зонах регенерации. В зонах рассеянного оруденения массовыми методами анализа их можно установить крайне редко и в незначительных количествах. Заметим, что лаборатории, не применяющие специальные методы пробоподготовки, МПП не определяют. По-видимому, платина все еще находится в соединениях типа фуллеренов, трудно диагностируемых аналитическими методами. В результате регенерации фуллерены, вероятно, разрушаются и МПП переходят в минеральные формы. Пробы, взятые в экзоконтакте новообразованных жил, показывают содержание платины.

В связи с длительностью и многостадийностью формирования месторождений фиксируется большое разнообразие их минеральных, текстурных, структурных и вещественных особенностей. Но главные, руководящие особенности (узнаваемость), позволяющие рассматривать их в составе единой генетической группы, сохраняются. К ним относятся алевритопелитовый состав вмещающих осадочных пород, их углеродистость, сложные формы структурного и тектонического контроля минерализации, слабая степень контрастности руд по сравнению с вмещающими породами и ряд других. Как правило, руды труднообогатимые.

В зависимости от степени метаморфизма изменяется состав вмещающих пород, с ним связана одна из главных стадий рудообразования. Режим метаморфизма сказывается и на качестве руд. В интенсивном скоротечном процессе участвуют многие компоненты и качество руд не улучшается. Длительное воздействие, в частности региональный метаморфизм, ведет к дифференциации компонентов по их подвижности и качество руд улучшается. Также облагораживает руду смена режима метаморфизма: прогрессивного на регрессивный (типа диафтореза). Смена режима нередко сопровождается разрывом сплошности, жилобразованием, ростом структурно рыхлых кристаллов золота.

Одна из основных особенностей рассматриваемой группы месторождений — их масштабность. А некоторые представители являются лидерами золотодобывающей отрасли: Сухой Лог (Россия), Мурнтау (Узбекистан), Хомстейк (США). Это определяется масштабностью ранних стадий рудообразования (седиментации, диагенеза, метаморфизма). Руды таких объектов в основном труднообогатимые, но специальные методы обогащения для них разработаны. Как уже говорилось, в ходе метаморфического воздействия может происходить облагораживание (улучшение обогатимости) руд. Неслучайно лучшие показатели обогащения имеют руды из метаморфи-

зованных вмещающих пород, чем из неметаморфизованных черных сланцев. Проиллюстрируем это на примерах.

Майское месторождение отличается слабой степенью регенерации золото-сульфидной минерализации и изменения рудоносных вмещающих углистых алевропелитовых пород, хотя исследователями (М.М.Константинов, А.В.Волков и др.) оно относится к экзоконтактной зоне Кукенейского массива гранитоидов, характеризующегося олововольфрамовой и полиметаллической минерализацией. При такой интерпретации взаимоотношений регенерация должна бы иметь массовый характер. Но А.В.Волковым выделения более молодого и более крупного золота отмечались эпизодически. Во всяком случае, руды месторождения являются упорными, требуют применения специальных методов обогащения, поэтому гравитационные и флотационные не дают удовлетворительных результатов.

Агние-Афанасьевское и Покровско-Троицкое месторождения (Пильда-Лимурийский золотоносный район Хабаровского края) также залегают в слабометаморфизованных черных сланцах, но структурно представлены надынтризивными куполами с широко развитыми трещинами отрыва, по которым развиты крустификационные жилы с хорошо извлекаемым гравитационными методами золотом. Качество руд улучшается.

Нагалкинское месторождение (Центрально-Колымский район) характеризуется четкой приуроченностью к верхнепермской атканской свите, сложенной углеродистыми диамиктитами с существенной долей вулканогенного материала. Послойное жильково-вкрапленное оруденение «вызревало» в ходе диагенеза и метаморфизма осадков, сопровождавшегося высвобождением золота из пиритов разных генераций и фосфатоносных конкреций. В результате образовались руды, пригодные для переработки с применением технологий обогащения 50-х годов прошлого века.

В соседнем рудном узле на месторождении Дегдекан детальными минералого-геохимическими работами ДВГИ ДВО РАН [8] доказаны стадийность формирования месторождения и улучшение качества руды.

Разнообразные примеры седиментогенного накопления золота (Юрско-Брендакитское, Нежданское месторождения и др.) в пределах Южно-Верхоянского синклинория охарактеризованы в работах М.М.Константинова [5].

Золотое оруденение в интенсивно метаморфизованных углеродистых алевропелитах представлено широко известными объектами Хомстейк, Мурун-

тау, а также месторождениями Приамурья — Токур, Маломыр и др.

На месторождении Хомстейк тонкослоистые углеродистые алевропелитовые осадки с биотитовой и амфибол-биотитовой изоградой метаморфизма на регрессивной стадии вдоль поперечных зон подверглись дополнительной складчатости, расщеплению, филлитизации, окварцеванию, сопровождавшимся образованием даек риолитов. Рудные тела залегают в горизонте тонкополосчатых хлорит-кварцевых, карбонат-кварцевых сланцев [10]. В результате наложенных процессов сульфиды перекристаллизовывались и золото высвобождалось.

Месторождение Маломыр локализовано вдоль субогласной (на границе кристаллических сланцев и их углистой разновидности) тектонической зоны, имеющей серию оперений типа конского хвоста. В метасоматических зонах до 70% золота находится в сростках с сульфидами, а в области сочленений тектонических зон, где развиты крустификационные жилы, содержание свободного (тонкого) золота возрастает до 80%.

На Токурском месторождении признаками релаксации сжимающих напряжений, сопровождающихся обогащением руд, являются адуляризация и крустификационные кварцевые жилы.

Таким образом, проблема рудоносности черных сланцев заслуживает специального изучения на базе современных технических средств для обоснования промышленного и генетического типов руд, рудной формации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакулин Ю.И., Черепанов А.А. Золото и платина в золошлаковых отходах ТЭЦ г. Хабаровска // Руды и металлы. 2003. № 1. С. 60–67.
2. Бакулин Ю.И. О природе превращений золота в рудогенезе // Отечественная геология. 2010. № 1. С. 67–69.
3. Бакулин Ю.И. О причинах широкой подвижности золота и разнообразия формационных типов месторождений // Тез. докл. конференции «Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии». Хабаровск, 2011. С. 157–158.
4. Буряк В.А., Бакулин Ю.И. Металлогения золота. – Владивосток: Дальнаука, 1998.
5. Константинов М.М. Золото в осадочных формациях. – М.: МЭЙЛЕР, 2009.
6. Распределение благородных металлов в черных сланцах золоторудного месторождения Дегдекан (Северо-Восток России) / А.И.Ханчук, Л.П.Плюснина, Е.М.Никитенко и др. // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 10. № 2. С. 3–11.
7. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1982.
8. Тонкодисперсное золото и углерод в рудах Сухого Лога (геохимический аспект) / Э.А.Развозжаева, А.М.Спиридонова, Н.В.Вилор и др. // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 9. С. 1324–1330.
9. Geological conditions of «black shale» ore-content. 32 IGC, G-14-01.
10. <http://ic-gold.ru>

УДК 553.41/48.044

Б.И.Беневольский, И.М.Витковский, В.Б.Голенев, 2014

ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ ОКОНТУРИВАНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Б.И.Беневольский, И.М.Витковский, В.Б.Голенев (ФГУП «ЦНИГРИ»)

Приведены наиболее часто встречающиеся методические недостатки количественной оценки прогнозных ресурсов в завершённых проектах федеральных геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы. Сделан вывод о том, что основная причина методических ошибок при оценке локализованных прогнозных ресурсов кроется в стремлении получить планируемый их прирост, не учитывая фактической инвестиционной привлекательности оцениваемых объектов для потенциальных недропользователей.

Ключевые слова: твердые полезные ископаемые, прогнозные ресурсы, геологоразведочные работы.

Беневольский Борис Игоревич, benbor@tshigri.ru, Витковский Игорь Михайлович, kms@tsnigri.ru, Голенев Владимир Борисович, golenev_vb@mail.ru

MAIN SHORTCOMINGS OF INFERRED RESOURCE DELINEATION AND QUANTITATIVE EVALUATION EXAMPLIFIED BY BASE AND PRECIOUS METAL PROPERTIES

B.I.Benevolskiy, I.M.Vitkovskiy, V.B.Golenev

The paper discusses the most frequent methodical shortcomings of inferred resource quantitative evaluation in completed federal exploration projects to replace the mineral base. It is concluded that the principal reason of methodical errors in localized inferred resource evaluation is the push for their planned increase while ignoring the actual investment attractiveness of these properties for potential subsoil users.

Key words: hardrock minerals, inferred resources, mineral exploration.

В российском недропользовании при переходе в сферу рыночной экономики наполнение минерально-сырьевой базы (МСБ) получило более четкое, чем в дореформенный период, разделение на две взаимосвязанные части — запасы и прогнозные ресурсы (ПР), что соответствует международным классификациям. В настоящее время разведка (категории АВС₁) и предварительная оценка (категория С₂) запасов по закону «О недрах» являются исключительным правом лицензионной инвестиционной деятельности бизнеса. Оценка ПР (категории Р₁–Р₃) производится в основном за счет средств федерального бюджета на геологическое изучение по воспроизводству МСБ.

В силу такого разделения прогнозные ресурсы приобрели роль «движущей силы» развития отечественной минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых (ТПИ). Представляя количественное выражение перспективности металлогенических таксонов разного ранга, ПР составляют фонд текущего и будущего недропользования, подлежащий геологическому освоению для воспроизводства МСБ, выявления новых запасов, получения их приростов. Прогнозные ресурсы служат основой программно-целевого планирования наиболее рискованных ранних стадий геологоразведочных работ (ГРР), совокупность которых призвана обеспечивать полу-

чение прироста запасов категории С₂ как показателя эффективности проведенных прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ.

Последняя количественная и геолого-экономическая переоценка прогнозных ресурсов ТПИ территории РФ была проведена по состоянию на 2010 г.

Значительное количество прогнозных ресурсов, локализованных в процессе ГРР по воспроизводству минерально-сырьевой базы, которые выполнены за счет средств федерального бюджета, корректируется или даже отклоняется при апробации. Так, ЦНИГРИ апробировано всего 61% ПР рудного золота и 56% ПР серебра, локализованных по сумме категорий Р₁ и Р₂ исполнителями ГРР по завершённым в 2012 г. федеральным проектам.

Обобщение опыта апробации ПР цветных и благородных металлов за 2007–2012 гг., локализованных только по новым объектам, позволило систематизировать основные недостатки авторской оценки ПР. На месторождениях с утвержденными запасами оценка ПР производится недропользователями, имеет свою специфику и в данной статье не рассматривается.

Предпосылки для возникновения ошибок при локализации и количественной оценке ПР на новых объектах иногда могут закладываться уже при постановке ГРР за счет средств федерального бюд-

жета. Техническим (геологическим) заданием не всегда корректно формулируются оценочные параметры для локализации ПР. Часто они ограничиваются только бортовым или минимальным средним содержанием полезного компонента в ожидаемых ПР. Это делает процесс локализации и количественной оценки ПР неоднозначным и многовариантным, что усугубляется также недостаточной квалификацией исполнителей оценки, не способных корректно выбрать недостающие оценочные параметры.

Планирование зачастую необоснованного исходными геологическими данными количества приращиваемых ПР ориентирует производителей работ на выполнение «валовых» показателей по локализации ПР, тогда как основным должно быть «качество» (инвестиционная привлекательность) минерально-сырьевой базы. Поэтому оценка ПР должна отвечать следующим требованиям:

локализации ПР по результатам ГРР, отвечающим особенностям геологического строения прогнозируемого рудно-формационного (геолого-промышленного) типа объекта оценки и выполненным в соответствии с требованиями нормативных документов к методике и качеству таких работ;

разделению ПР на условно кондиционные, инвестиционно привлекательные в ближайшей перспективе (в обозримом будущем могут быть объектами ГРР последующих более детальных стадий, выполняемых за счет федерального бюджета, или востребованы недропользователями через процедуру лицензирования) и некондиционные (вовлечение которых в дальнейшее освоение в ближайшей перспективе нецелесообразно по тем или иным причинам).

При локализации и количественной оценке ПР авторами допускаются недостатки, в большинстве осознанные и обусловленные стремлением максимально приблизиться к плановым цифрам прироста ПР, часто не отвечающим реальным геолого-экономическим условиям [1, 3].

Приведем наиболее характерные и значимые недостатки локализации ПР, выявленные при апробации материалов по объектам цветных и благородных металлов.

1. Незнание или некорректное применение Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, введенной в действие с 1 января 2008 г. [2], приводит к следующим ошибкам:

несоответствию категории локализованных ПР металлогеническому рангу объекта оценки (например, ПР категории P_3 неправомерно локализуются по металлогеническим таксонам небольшой площади (первые квадратные километры), отвечающим рангу рудного поля и даже месторождения, а

ПР категории P_2 неправомерно локализуются по рудным телам как «подвеска» к ПР категории P_1);

несоответствию категории локализованных ПР степени изученности объекта оценки, например:

необоснованное занижение категории ПР, когда при отрицательных результатах поисковых работ локализуются ПР категории P_3 при изученности объекта, соответствующей более высоким категориям ПР, или при отрицательных результатах оценочных работ необоснованно локализуются ПР категории P_2 и P_1 , тогда как изученность объекта соответствует разведке запасов, предусмотренных техническим (геологическим) заданием,

необоснованное завышение категории ПР, когда по одному пересечению локализуются ПР категории P_1 , а по одной пробе или по геохимическим и геофизическим аномалиям без заверки горно-буровыми работами или при отрицательных результатах заверки — ПР категории P_2 ,

занижение категории ПР, как правило, при положительных результатах ГРР ранних стадий в тех случаях, когда планируются работы последующих стадий.

2. Отнесение некондиционных ПР, получивших отрицательную геолого-экономическую оценку по укрупненным показателям, к кондиционным с понижением категории. При этом забалансовые запасы представляются как ПР категории P_1 , некондиционные категории P_1 — кондиционными P_2 , некондиционные категории P_2 — кондиционными P_3 .

3. Неудачный выбор прогнозно-поисковой модели, геолого-промышленного типа, металлогенического таксона-аналога, методов оценки ПР, неадекватных геологическим особенностям или изученности объекта оценки, некорректный, неполный, выборочный учет отдельных факторов, а не всего комплекса прямых и косвенных поисковых предпосылок и признаков оруденения, как правило, приводят к необоснованному завышению площади и глубины локализации ПР, а также удельной продуктивности объекта оценки.

Проиллюстрируем сказанное в пункте 3 на следующих примерах.

На новой площади на протяжении нескольких километров горно-буровыми работами вскрыты и прослежены перспективные рудовмещающие горизонты с детальностью, достаточной для локализации ПР категории P_2 , однако объект получает отрицательную оценку из-за низкого содержания полезного компонента, не отвечающего требованиям оценочных параметров геологического задания. При этом авторская оценка ПР проведена методом аналогии и удельной продуктивности по объекту-

аналогу того же геолого-промышленного типа и металлогенического ранга, находящемуся в близких геологических условиях. На обоих объектах распределение полезного компонента контролируется литологическим составом рудовмещающих горизонтов. Но фактическая удельная продуктивность объекта-аналога существенно выше, чем объекта оценки. Поэтому применение данного метода противоречит изученности объекта и результатам проведенных на нем горно-буровых работ.

Не подкрепленное геологическими данными применение при оценке «новомодной» модели крупнообъемного объекта, в особенности для золоторудных проявлений с рудными пересечениями мощностью в первые метры, приводит к завышению оценки ПР в 3–6 раз за счет увеличения площади и глубины оконтуривания ПР.

Следствием оценки золотоносных кор выветривания по модели россыпного объекта, когда между свободным и шлиховым металлом ставится знак равенства, является необоснованное применение для определения промышленной значимости корового объекта районных кондиций традиционных россыпей с более низкими параметрами. Россыпными кондициями минимальное промышленное и бортовое содержания установлены для шлихового золота, поскольку его извлечение не требует предварительного дробления и измельчения песков. Тогда как свободное золото в корях выветривания на объекте установлено в предварительно измельченной до $-0,074$ мм исходной руде. Доля его выше, чем шлихового золота, масса которого определялась на материале естественной крупности песков.

Отмечаются случаи оконтуривания рудных залежей без каких-либо геологических оснований. Так, несколько рудных тел оконтуриваются с учетом одной пробы с высоким (часто ураганным) содержанием полезного компонента. Участие такой пробы в оценке ПР по нескольким рудным телам приводит к значительному завышению ресурсов.

4. Локализация ПР на площадях и объектах, работы по которым не предусмотрены геологическим заданием.

Например, поисковые работы на золотоносные коры выветривания в целях локализации ПР только окисленных руд. В тех случаях, когда по той или иной причине выйти на плановые показатели прироста не удастся, для постановки на учет предлагаются ПР первичных руд (их доля может достигать 90% от общего количества ПР по объекту), себестоимость добычи и переработки которых в разы выше, чем выветрелых. Это требует для их оконтуривания применения более жестких оценочных параметров.

Иногда при отрицательных результатах ГРР на новых объектах и площадях недостающее до плановых показателей количество ПР компенсируют ревизией материалов работ прошлых лет, проводившихся на сопредельных площадях, по которым ПР уже учтены или получили ранее отрицательную оценку. При корректном анализе материалов отрицательная оценка, как правило, остается без изменений, а количество ранее апробированных ПР не увеличивается.

5. Использование оптимистической, неадекватной фактическим условиям геолого-экономической модели (оценки) локализованных ПР, заключающейся в занижении капитальных затрат на возможное освоение объекта, себестоимости добычи и переработки минерального сырья (в основном за счет неполного учета расходных статей, завышения количества и качества ПР минерально-сырьевой базы, завышения цены товарной продукции).

Например, по одному из золоторудных объектов в укрупненных технико-экономических расчетах не учтены сложные гидрогеологические условия — наличие постоянного водотока в центре площади локализованных ПР. Для устранения его влияния на разработку открытым способом (принят авторами при оценке) в расчетах не было учтено обустройство защитной дамбы и обводного русла. На том же объекте принята менее затратная гравитационно-цианистая схема обогащения руд, не отвечающая их минеральному составу (тонкодисперсное золото в арсенопирите).

Другой пример касается модели освоения объекта свинцово-цинковых руд, предусматривающей в качестве конечной продукции только добытую руду с последующей ее реализацией обогатительным комбинатом. Соответственно, при геолого-экономической оценке учтены затраты только на добычу руды (даже без транспортировки ее на обогатительную фабрику), но при определении эффективности производства использована цена металлов в концентрате (т.е. после обогащения), а не в руде. Это привело к завышению промышленной значимости объекта, который фактически не представляет ценности для цветной металлургии региона даже в далекой перспективе, не говоря о текущем моменте.

6. Отсутствие требуемых методикой [3] укрупненных геолого-экономических расчетов, обосновывающих кондиционную принадлежность ПР, даже в тех случаях, когда такие работы предусмотрены геологическим заданием, или применение в качестве оценочных параметров разведочных кондиций, утвержденных более 20 лет назад, без адаптации к современным условиям. Проведение

укрупненных геолого-экономических расчетов особенно важно для объектов, где геологическим заданием не определены требования к бортовому содержанию полезного компонента в ПР.

7. Использование результатов работ предшествующих стадий (15–20-летней давности и более ранних) без корректировки применительно к новым оценочным параметрам, что, как правило, приводит к завышению качества (содержаний полезных компонентов), так как на предшествующих стадиях было принято более высокое бортовое содержание.

Так, на одном из золоторудных объектов средние содержания Au в рудных интервалах определялись по материалам прошлых лет при бортовом содержании 1,0 г/т, а все новые пересечения оконтурены по бортовому содержанию 0,5 г/т, предусмотренному техническим заданием. Естественно, что включение результатов работ предшествующих стадий без их корректировки согласно новым оценочным параметрам привело к завышению среднего содержания Au в локализованных ПР.

8. Локализация ПР на площадях с уже апробированными ПР и учтенными балансом запасами. Сведения о наличии таких площадей на объектах оценки должны отражаться в обязательном порядке в представляемых на апробацию материалах, в том числе графических. Ранее апробированные ПР подлежат корректировке (пересчету), а запасы месторождения должны исключаться из оценки.

Имеются случаи представления на апробацию материалов по площадям, переданным в лицензионное недропользование на другие виды полезных ископаемых. Однако технология добычи и переработки не позволяют их извлекать, а лицензионное соглашение не предусматривает добычу полезного ископаемого.

9. Неправильное применение при оконтуривании площадей и рудных тел с ПР оценочных параметров, обоснованных геологическим заданием или крупными геолого-экономическими расчетами:

в оценку площади включаются рудные зоны и фланги рудных тел с более низкими характеристиками оруденения, чем предусмотрено оценочными параметрами;

не выполняются требования к бортовому содержанию, максимальной мощности прослоев пустых пород, минимальной мощности рудных интервалов;

применяется непостоянное (плавающее) значение бортового содержания на одном и том же объекте в целях повышения среднего содержания в ПР;

допускается «прессование» мощностей рудных интервалов при исключении проб с содержанием

ниже бортового лимита без использования коэффициента рудоносности и соблюдения требований к мощностям пустых прослоев и рудных интервалов.

10. Недостаточное внимание к качеству геологоразведочных работ. В стремлении повысить содержание полезных компонентов в оконтуренных ПР исполнители применяют приемы расчетов, приводящие к завышению подсчетных параметров (мощности, содержания, продуктивности). Наиболее типичные примеры:

не учитывается, даже при локализации ПР категории P_1 , систематическое завышение при аналитических работах содержания полезных компонентов, выявленное внешним геологическим контролем;

вводятся повышающие содержание полезных компонентов коэффициенты (на аналитические работы без арбитражного контроля, на наличие крупного золота, возможно, не попадающего в аналитические навески, выведенные по результатам методически некорректных опытных работ, без учета гнездового неравномерного характера распределения такого металла в рудах) без проведения соответствующих исследований по обоснованию их величины;

используются некондиционные скважины по углу встречи с рудным телом и выходу керна, если в керне устанавливается высокое содержание полезных компонентов. При выводе подсчетных параметров таким скважинам придается большее значение, чем горным выработкам, пересекающим рудные тела в близком к нормали направлении и опробованным борздовым способом;

учитываются данные менее точных полуколичественных методов при наличии количественного определения содержаний полезных компонентов, если они показывают более высокие параметры (так, на золоторудных объектах при наличии данных пробирного, атомно-абсорбционного и химико-спектрального анализов одной пробы в расчет берется та, в которой более высокое содержание Au независимо от точности метода);

проводится оценка ПР по штучному опробованию, если оно показывает более высокое содержание полезного компонента, чем скважины и канавы;

для оценки ПР учитываются данные с более высокими параметрами при наличии нескольких линий опробования, даже если положение используемой линии опробования не отвечает особенностям геологического строения объекта;

для оценки ПР используется не среднее, а максимальное из всех определений содержания полезного компонента в одной пробе;

не учитывается неравномерность сети поисковых пересечений;

при оценке объема ПР выборочно используются пересечения только с высокими параметрами; применяются геологически необоснованные приемы и методы экстраполяции и интерполяции подсчетных контуров и площадей.

11. Некорректное использование при оценке ПР метода аналогии:

при оконтуривании перспективных площадей и определении глубины оценки игнорируются геологические границы и факторы (в том числе геохимические и геофизические), контролирующие распределение оруденения;

не учитывается геолого-промышленный (рудно-формационный) тип прогнозируемого оруденения;

завышается коэффициент подобия, несмотря на имеющийся однозначный комплекс поисковых критериев и признаков, характеризующих степень сходства с эталонным объектом. При наличии на объекте оценки только комплексов пород, сходных с продуктивными рудовмещающими породами объекта-аналога, коэффициент подобия не может быть $>0,25$, перспективных комплексов пород и косвенных признаков оруденения (россыпи, вторичные и первичные геохимические ореолы и т.д.) — $>0,5$, перспективных комплексов, косвенных и прямых (точки минерализации и рудопроявления) признаков оруденения — $>0,75$;

не исключаются из оценки апробированные ПР и утвержденные (отработанные) запасы месторождений.

12. Неполный учет всего комплекса полезных компонентов, оказывающих влияние на показатели укрупненной геолого-экономической оценки.

Например, на медно-цинковых колчеданных объектах нередко отсутствует предусмотренная геологическим заданием количественная оценка ПР цинка, на свинцово-цинковых колчеданных — меди, на серебро-полиметаллических — свинца. Без учета всего комплекса полезных ископаемых объект не имеет перспектив для промышленного освоения и лицензирования. В противоположной ситуации, когда учитываются все обнаруженные полезные компоненты, а возможность их извлечения вызывает сомнение, вклад в стоимость товарной продукции также ничтожно мал.

13. Локализация ПР с параметрами ниже (хуже), чем по более детально изученным объектам того же геолого-промышленного типа в аналогичных географо-экономических условиях. При этом объекты-аналоги не представляют промышленного интереса на момент оценки и относятся к нераспределенному фонду недр.

14. Игнорирование при оконтуривании ПР наличия разных технологических типов и сортов руд, прежде всего окисленных и первичных, если их отдельная оценка существенно влияет на количество ПР. Например, отдельная оценка ПР категории P_1 по рудным телам с учетом окисленных и первичных руд дает более чем трехкратное снижение количества золота по сравнению с авторской оценкой, проведенной единым блоком. Это происходит потому, что на объекте до глубины 25 м развита зона окисления с содержанием Au 5–7 г/т, вскрытая на поверхности канавами. Ниже, до глубины 160 м, бурением прослежены первичные руды с содержанием Au 1–2 г/т.

Итак, проделанное исследование позволяет сделать следующие выводы.

Недостатки локализации и количественной оценки ПР по результатам завершенных в 2007–2012 гг. ГРР, выполненных за счет средств федерального бюджета, обусловлены стремлением исполнителей получить плановые цифры прироста ПР, без учета их фактической инвестиционной привлекательности для потенциальных недропользователей.

Основные недостатки количественной оценки прогнозных ресурсов по результатам завершенных ГРР:

некорректное применение Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых;

неудачный выбор прогнозно-поисковой, рудно-формационной (геолого-промышленной) модели объекта оценки;

применение методов и приемов определения основных параметров оценки, заведомо приводящих к завышению количества ПР;

выборочное использование только тех результатов ГРР, которые дают максимальную количественную оценку ПР, даже если работы выполнены методически не верно и не отвечают требованиям нормативных документов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беневольский Б.И., Голенев В.Б.* Ресурсный потенциал воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых России по итогам переоценки 2010 г. // *Минеральные ресурсы*. 2013. № 4. С. 23–33.
2. *Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых*. Утверждена приказом МПР России от 11.12.2006 г. № 278.
3. *Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых* / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2010.

УДК 553.411:550.4 (575.2)

© Ю.Б.Ежков, Р.Р.Рахимов, И.В.Новикова, 2014

ОСНОВНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОГО И ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА (ОРЕОЛЫ, ЗОНАЛЬНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ)**Ю.Б.Ежков, Р.Р.Рахимов, И.В.Новикова (ГП «НИИМП» Госкомгеологии РУз)**

Проведено геохимическое районирование регионов Западного и Южного Узбекистана. Выделено 20 геохимических зон с характерной для каждой из них устойчивой геохимической ассоциацией. Для геолого-промышленных типов золота, охвативших 80 рудных объектов, рассчитаны формульные коэффициенты вертикальной зональности, позволяющие с новых позиций оценить перспективы золоторудных объектов.

Ключевые слова: Западный и Южный Узбекистан, золото, геохимическая зона, устойчивая геохимическая ассоциация, геолого-промышленный тип, коэффициент геохимической зональности.

Ежков Юрий Борисович, Рахимов Рахмон Рахимович, Новикова Ирина Викторовна, larsim@yandex.ru

THE BASIC GEOCHEMICAL FEATURES OF GOLD ORE DEPOSITS IN THE WESTERN AND SOUTHERN UZBEKISTAN (AUREOLES, ZONALITY, POTENTIAL)**Yu.B.Ezhkov, R.R.Rakhimov, N.B.Novikova**

Geochemical zoning of regions in the Western and Southern Uzbekistan was provided. It was substracted 20 geochemical zones with steady geochemical assemblage characteristic for each of them. Formula coefficients of vertical zonality were calculated which allows to estimate potential of gold ore objects from new positions for the geological-industrial types of gold in 80 ore objects.

Key words: the Western and Southern Uzbekistan, gold, the geochemical zone, steady geochemical assemblage, geological-industrial type, coefficients of geochemacal zonality.

Расширение перспектив золоторудных месторождений в горнорудных регионах мира — неизменная остроактуальная задача геологических служб. Решение ее в подавляющем большинстве случаев возможно только за счет увеличения промышленных ресурсов золота на флангах и глубоких горизонтах месторождений. Важная, если не главенствующая, роль в этом процессе принадлежит геохимическим методам, устанавливающим элементный состав и векторы последовательного изменения коэффициентов генерализованной зональности в распределении основных элементов-руднообразователей.

Именно в таком методическом ключе авторы развили предыдущее [3] и настоящее сообщения о золоторудных регионах Западного и Южного Узбекистана — основного золотодобывающего кластера республики (рис. 1).

Основные геохимические признаки и минеральные формы золота. Движение рудонесущих растворов-флюидов в различных химически активных сферах — преимущественно карбонатной, силикатной и смешанной — всегда сопровождается определенной последовательностью выпадения металлов в осадок во время миграции раствора в метасоматических колоннах. Появление рудной зональности — суть реализации различий в способности металлов проявить свои миграционные возможности (химические свойства) в сложных взаимоотно-

шениях с компонентами растворов. Однако реальные следствия из этих достаточно известных положений при определении рядов, составляющих стереогеохимическую зональность (латеральный, вертикальный и продольно-осевой), не только различны, но нередко трудно сопоставимы.

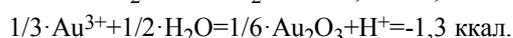
Процесс растворения металлического золота в зоне окисления с последующим осаждением на поверхность первичных выделений самородного золота, практически полностью удерживающего его растворенные осадки (превосходя этим все рудные и жильные минералы), и позволяет объяснять укрупнение и концентрацию золотин в зоне окисления сульфидных и сульфидсодержащих месторождений.

Проблема валентных состояний Au (степени окисления) в рудном процессе, как правило, не привлекает пристального внимания, возможно, из-за его нулевой валентности, объясняющей присутствие элемента в породах и рудах в самородном виде. Однако активное поведение Au в магматических (трансмагматических) расплавах и флюидно-гидротермальных растворах (расплав-растворах) зависит, прежде всего, от проявления окислительно-восстановительных процессов и возможностей широкого образования миграционных комплексов. Гидротермально активные валентные состояния Au — Au⁺ или Au³⁺, так как Au²⁺ в природных соединениях не встречено. По кислотно-основным



Рис. 1. Схема размещения основных горно-рудных регионов (ГРП) Западного и Южного Узбекистана и их удельная золотопроductивность (1 кг Au на 1 км²)

свойствам Au^+ и Au^{3+} достаточно различны, что следует из значений свободных энергий реакций их гидратации:



В целом наблюдается тенденция к образованию парагенных ассоциаций Au^+ с металлами в условиях повышенной основности растворов, тогда как химически более активное Au^{3+} образует парагенезисы в условиях их (растворов) высокой кислотности. Подобное различие геохимических характеристик золота и приводит к тому, что их минеральные парагенезисы сильно отличаются.

Обладая уникальным свойством тесной связи с H, золото, отличаясь оксидофобностью, тяготеет к устойчивой восходящей миграции из глубинных геосфер земной коры (или мантийных источников) в ослабленных зонах с длительными восстановительными условиями. В этих зонах сидерофильного и реже халькофильного профиля (где интенсивно проявлен базит-гипербазитовый магматизм) Au^+ накапливается с комплексом халькофильных металлов и, прежде всего, Cu, Te, Pt, элементами Pt группы, Ag.

Изменение щелочно-кислотного потенциала рудно-магматических процессов в сторону увеличения кислотности приводит к общему повышению валентностей металлов и, в частности, появлению у Au трех валентных электронов [2]. Увеличение валентностей ослабляет связи Au с H, Se и другими элементами.

Развитие гранитоидного магматизма и усиление кислотных функций Au способствует образованию его парагенезисов в тыловых частях рудных

зон с металлами, у которых проявляется кислотная функция, — Si, As, B, Sb. Кислотные свойства начинают проявляться также у Ag^{2+} , Pt^{2+} , Pt^{4+} , что переводит их в парагенное состояние с Au.

Кислотно-основная дифференциация металлов, направленно изменяющая их геохимические характеристики и проходящая как в пространстве, так и во времени, меняет формы нахождения Au в различных зонах рудного ореола — от упомянутых тыловых малосульфидных кварц-рудных зон до фронтальных. Последние характеризуются соединениями Au с Sb (ауростибит), Bi (молдонит, аурависмутин), ассоциациями самородного золота с кальцитом, анкеритом, комплексом блеклых руд, баритом, полиметаллами и соединениями Mn. В наиболее удаленных частях фронтальных зон проявляются телетермальные комплексы Au с Hg, Te, Ag.

В свете сказанного требует дальнейшего изучения феномен концентрации Au^+ в зонах высокоуглеродистых формаций (восстановительная среда, «сухие», «безводные» магмофлюиды, углеводородный метасоматоз и проч.) за обрамлением или в контактовых сферах многообъемных гранитных интрузий. Роль же гигантских гранитных масс, особенно в Кызылкумском регионе, как дополнительных регенерационных факторов активной миграции и концентрации Au в упомянутых зонах восстановительного режима [1] — углеводистого метасоматоза, по-видимому, высока и как проблема требует продолжения исследований.

Пространственно устойчивые геохимические ассоциации и зональность ореольных полей. Геохимическое районирование территории Западного и

Южного Узбекистана с подобной детальностью проводится впервые. В связи с этим существует необходимость дать терминологические пояснения к применяемым ниже некоторым понятиям.

Под геохимической провинцией или областью понимается «крупный геоструктурный элемент земной коры, вещество которого характеризуется специфическими особенностями и (или) степенью геохимической дифференцированности, запечатленными в содержании и соотношении петрогенных и рудных элементов» [7]. Физическому объему этого подразделения на территории Узбекистана могут соответствовать такие геоструктурные элементы, как Срединный, Южный и Юго-Западный Тянь-Шань. Но если исходить из принципов мелко-масштабного геохимического районирования при выделении золотоносных провинций, то практически можно ограничиться одной золотоносной Тянь-Шаньской или Западно-Тянь-Шаньской провинцией, включающей все геолого-промышленные типы коренных и россыпных месторождений золота Узбекистана. Выделение же устойчивых геохимических ассоциаций Au и его элементов-спутников в более детальном масштабе возможно на карте, где могут быть отражены картируемые геохимические подразделения, но уже в ранге геохимических зон.

В изученном домезозойском кристаллическом цоколе территории республики нами выделено всего 20 подобных зон (табл. 1), причем их пролонгирование под породы мезокайнозойского чехла осуществлено там, где имеются надежные результаты глубинного бурения до кристаллического цоколя. Таковы восточное и западное погружения Тамдытау, обрамления Ауминзатау, Зирабулак-Зиаэтинских гор и межгорная впадина между Северным и Южным Нуратау (глубины скважин до 600 м).

Под устойчивой геохимической ассоциацией (УГА) нами понимается ряд химических (преимущественно рудных элементов-спутников золота) элементов, отвечающий геохимически специализированным обстановкам в определенных частях (зонах) домезозойских образований. Сами обстановки — это вещественное отражение результирующих процессов накопления, миграции и аномальной концентрации рудного вещества (Au, Ag, Pt, Cu, RM, Pb, Zn и др.). В геохимическом смысле — это скачкообразные переходы от нормального к слабо аномальному, а затем к интенсивно (рудно)-аномальному геохимическому полю. Ряд устойчивой геохимической ассоциации отображает убывающую последовательность химических элементов, ранжированную по степени насыщения их ореолами изученного пространства и степени ореольной концентрации. Для

наглядности каждая геохимическая зона именуется по геолого-географическим реперам местности.

Рассматривая качественный состав устойчивых геохимических ассоциаций с учетом степени однородности геохимических ореолов и заполненного ими пространства и, в частности, положения в их рядах золота, остановимся на установленных специфических особенностях, которые положены нами в основу выделения четырех типов УГА. Так, в первом из них, наиболее распространенном, Au или начинается ряд, или находится в головной его части среди наиболее часто встречающихся и интенсивно концентрирующихся элементов. Наиболее характерны здесь собственно золотые (Аякаши-Кокпатас-Джетынтау), золото-серебряные (Тамдыбулак-Балпан-Кыныр) и золотосодержащие (Кульджуктау) геохимические зоны.

Для второго типа УГА характерно положение Au как в средней части ряда, так и среди замыкающих его элементов. В Западном Узбекистане к этому типу относятся сидерофильные зоны Тебинбулака, Карамурун-Бокали-Тохтанактау, Чарыкты-Тескудук-Айрака, Нурата-Туркестана, сереброносная зона Косманачи, контактово-редкометалло-сульфидные проявления в Южном Каратау, а также золото-сульфидные на юге Узбекистана.

Третий тип УГА выделен по нахождению Au в позиции правого ограничителя ряда, т.е. как наименее распространенного элемента с низкой концентрацией. Наблюдается это в Джантуар-Захкудукской зоне уран-ванадий-иттриевых объектов и на восточных замыканиях Нурата-Туркестанской и Нурата-Южномальгузарской зон.

Четвертый тип УГА включает ауорофобные ряды собственно редкометалльных элементов: месторождения Мурунтау с новой U-Mo-RM зоной, Гатча (западное окончание Темиркабукского интрузива) в Нурата-Южномальгузарской зоне, Турткуйлюк в Южно-Гиссарской зоне и южная приграничная часть Чакчар-Хандизинской зоны.

Все собственно редкометалльные УГА представляют собой фрагменты эволюции осевой региональной геохимической зональности в границах определенных зон. Однако особенности эволюции осевой зональности этим не исчерпываются. Так, в Чарыкты-Тескудук-Айрацкой зоне в составе УГА с приближением к Айрацкому сектору Au из конца переходит в начало ряда параллельно с накоплением к границам сектора As, Hg, Sb, полиметаллов.

Противоположный эффект возникает при концентрации этих же элементов (с добавлением Ni и V) при эволюции осевой зональности в Нурата-Туркестанской и Нурата-Южномальгузарской зонах, когда Au уже замыкает ряды УГА. Это, по всей

1. Типоморфные особенности устойчивых геохимических ассоциаций в зональной палеоинвазивной структуре Южного Тянь-Шаня

Региональное геохимическое подразделение — зоны	Морфология геохимических ореолов, степень заполнения пространства, однородность ореольных полей	Положение (позиция) золота в рудно-метасоматической зоне; примеры объектов
I Тебінбулакская	2 Овально-изометричные, слабо вытянутые, широтные и северо-западные; однородность высокая; заполнение пространства 45–60% (Au, As, Cu, Pb, Zn)	3 Тыловая (латеральная), корневая (вертикальная)
Зенгебобо-Джамансайская	Линейные, вытянутые (коэффициент удлинения 8–10), реже кряжистые, очень редко неправильно-изометричные; однородность низкая; заполнение пространства, %: Au (1,0–15), As (30–35), Cu, Zn (50–55), Sn (20–25), W (5–10)	Фронтальная и ядерно-ореольная (латеральные), верхняя и средняя (вертикальные; Джамансай)
Карамурун-Бокалы-Тохтаньктауская	Слабовытянутые, неправильно-изометричные; однородность средняя; заполнение пространства от 85–95% на рудных полях до 20–35% в околорудном пространстве и зонах рассеянной минерализации — Cu, Co, Mo, Ni	Тыловая (латеральная), корневая (вертикальная)
Аякати-Кокпатаг-Джетымтауская	Овальные, слабоизометричные, облегающие (вблизи рудно-метасоматических куполов), узколинейные (в залебандах дайковых тел), веретеновидные; однородность низкая; заполнение пространства до, %: Au (85–90), Cu (90–95), As (80–85), Mo, Pb (65–75), Sb, Ag, W (45)	Фронтальная, ядерно-ореольная (латеральные), средняя (вертикальная); Кокпатагское рудное поле, Сарытау, Булуткан
Тамдыбулак-Балпан-Кынырская	Овальные, линейные и комбинированные; однородность средняя до высокой; заполнение пространства, %: Au (15–90), Ag (55–60), W, Mo (30–40)	Тыловая (латеральная), корневая (вертикальная); Тамдыбулак, Балпан
Чарыкты-Тескудук-Айракская	Линейные, узколинейные, веретеновидные; однородность слабая; заполнение пространства, %: Cu, Co, Zn, Cr, Mo, Au (25–45)	Au ₁ — корневая (вертикальная), Au ₂ — верхняя часть рудной зоны
Таскара-Космалачи-Бесапан-Мурунтауская	Линейно-овальные, пятнообразные, неправильные с флегматой конфигурацией, вытянутые с вертикальными проводниками; однородность средняя; заполнение пространства до, %: Au, As, W, Ag (30–60)	Корневая и средняя (вертикальные), ядерно-ореольная и тыловая (латеральные); Мурунтау, Бесапан, Косманачи
Азиек-Аристан-Бешаши-Едум-Аякудукская	Неправильно-изометричные, слабоовальные, реже линейные и кряжистые в разрывных структурах; однородность средняя; заполнение пространства до 75–80% (в комплексах ореолов)	Средняя (вертикальная) с центриацией в зоне окисления; Аристан
Казахтауская	Контактово-полосовидные и овально-вытянутые; однородность низкая; заполнение пространства, %: Fe, Cu, As, Au, Pb, Zn, Co (35–50)	Средняя (вертикальная)
Комбугут-Ясвай-Карашинская	Неправильно-изометричные, слабоовальные; однородность средне-высокая; заполнение пространства, %: Au, Ag, As, Sb, Cu, W, Pb (35–50)	Средняя (вертикальная), ядерно-ореольная (латеральная); Комбугут, Ясвай, Карашин
Ауминзатауская	Линейные и протяженно-овальные; однородность средняя; заполнение пространства %: Au, Ag, As, W, Sb, Cu (40–60)	Корневая и средняя (вертикальные), тыловая и промежуточная (латеральные)
Джантуар-Захкудукская	Линейные и линейно-полосовидные, слабоизометричные; однородность средняя; заполнение пространства, %: U, V, Mo, TR, W, Sn, As (65–70), Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb (20–35)	Средняя (вертикальная), средняя и фронтальная (латеральные); Джантуар, Захкудук
Жолдас-Аджибугут-Акмамбет-Колчиктауская	Линейные, неправильно-изометричные, пятнообразные; однородность средняя; заполнение пространства, %: Au, Ag, As, Cu, Pb, W, Sb, Zn (40–55)	Корневая и средняя (вертикальные) с центриацией в зоне окисления; Жолдас, Аджибугут, Колчик

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Бельгау-Сарыбагыр-Даугыз-Амантайгауская	Овально-изометричные, цилиндрические столбчатые, неправильной формы, линейно-субгоризонтальные, наклонно-полосовидные; однородность средняя; заполнение пространства, %: Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn, V (80-85)	Средняя и верхняя (вертикальные); та-кие же две позиции у As; Сарыбагыр, Высоковольтное, Даугызгау, Амантай-гау, Асаукак
Кульджуктауская	Линейные, овально-изометричные, пятнообразные, контактово-полосовидные; одно-родность средняя, реже - выше средней; заполнение пространства в комплексах ореолах 20-25%, Au 30-45-60%	Средняя и вертикальная (вертикаль-ные); Актосты, Таушанское
Нурата-Туркестанская	Линейные, зонально-линейные, веретеновидные; однородность низкая; заполнение пространства, %: Cu (60-70), Fe (35-40), Ni, Co (60-80), Sb, Hg (20-40), As (35-40), Au (5-15), Ag, W (5-15)	Корневая и верхняя (вертикальные); тыловая и фронтальная (латеральные)
Нурата-Южноамальгузарская	Линейные, неправильно-изометричные, пятнообразные; однородность низкая и сред-няя; заполнение пространства 30-40% в комплексах ореолах, Au 20-25%	Корневая и верхняя (вертикальные); Чармитан, Марджанбулак, Кансай, Сен-тяб, Учкколь, Чабат
Южно-Нурагинская (Кара-тау-Каракчатауская)	Линейные, овально-изометричные, лентовидные (с вертикальными проводниками); од-нородность низкая; заполнение пространства, %: Mo, V, As, Sn (до 50-70), Au, Ag, Hg, В (25-40), Pb (45-50), Zn (30)	Средняя и верхняя (вертикальные); Сарминч, Биран
Южно-Карагауская (редко-металлическая)	Лентовидные, концентрически-зональные; однородность средняя и высокая; заполне-ние пространства, %: Sn, W, Be (60-70), Ag, As, Nb, Li, Mo (30-40), Cu, Sb, Bi (15-30), Au (3-5)	Корневая (вертикальная)
Зирабулак-Знаэлдинская	Линейно-овальные, слабоизометричные и слабозональные; однородность средняя; за-полнение пространства, %: W, Sn (55-70), As, Bi, Ag, В (35-40), Au (5-15)	Средняя (вертикальная), фронтальная (латеральная)

видимости, определено известной закономерностью в усилении с запада на восток в указанных зонах металлогенического потенциала Hg, Sb и уменьшении потенциала Au, W. Интересно, что восточнее, на территории Таджикистана, известны близповерхностные комплексные Au-Sb-Hg объекты Чоре, Джижикрут, Канчоч, Дуоба и др.

Другими особенностями осевой зональности обладают Азнек-Аристан-Аяккудукская и Каратау-Каракчатауская зоны, где Au устойчиво возглавляет ряды УГА, несмотря на существенное расхождение в их геохимических ассоциациях соотношений халько- и литофильных элементов.

И, наконец, отметим устойчивое положение Au, но уже среди элементов относительно невысокой концентрации и распространенности (середина ряда) в трех УГА Южного Узбекистана в направлении осевой зональности с запада на восток. Характерная черта УГА — постоянное нахождение Mo во главе ряда и близость спектров химических элементов.

Кроме описанных изменений (скольжения) составов УГА по векторам осевой зональности, установлена единственная граница поперечного раздела Аякаши-Кокпатас-Джетымтауской зоны (Букантау) на западную и восточную подзоны по уровню концентрации As. Граница проходит по отдаленному западному флангу Кокпатасского рудного поля, отделяя западную подзону, в которой практически отсутствуют интенсивные аномалии As, от восточной, где As является одним из ведущих элементов рудо- и ореолообразователей. Этот факт требует, безусловно, дальнейшего изучения.

Рассматривая территорию республики в целом, отметим ее резко различную геохимическую изученность. Сравнение рудных регионов по важным в поисковом аспекте признакам ореольных полей, таким как морфогенетические особенности, степень однородности и заполнения пространства, положение максимумов концентраций Au относительно ядерной части, удалось выполнить только по территории Южного Тянь-Шаня (табл. 2).

Создание опорных (эталонных) коэффициентов геохимической зональности (табл. 3) выполнено с учетом основных морфологических особенностей геохимических ореольных полей на золоторудных объектах и золотоносных площадях Южного Тянь-Шаня.

2. Рудно-формационная типизация, морфология и геохимическая зональность золоторудных и золотосодержащих объектов Западного и Южного Узбекистана

Рудная формация, оруденение	Морфология проявления	Рабочий коэффициент геохимической зональности	Примеры	Примечания
1	2	3	4	5
<i>Горы Султаувайс</i>				
Золото-каспитерит-сульфидная (Au-Sn-Sul)	Прожилки, прожилково-вкрапленное	As-Sn-Pb-Au-Sn Cr-Co-Ni-Ti-Mn	Проявления в восточной части гор Султаувайс	Ореолы в контактовых зонах габбро-диабазовых даек, в полусе линз омарганцевания
Золото-медно-полисульфидно-кварцевая (Au-Cu-Pol-Q)	Прожилково-вкрапленное, жильно-штокерковое	As-Ag-Cu-Hg Au-Ni-Co-Cr	Джамансай, Северный и Центральный Урусай, Восточный Джамансай, Карагауское	Слабоконтрастные ореолы сложной морфологии, приближенно-овальные ореолы в зонах рассеянной минерализации
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Жилы, линейные штокерки	Au-As-Cu-Pb-Zn Sn-Mo-Ni-Co-Cr	Зенгесобо, Урусай, Шейхджели	
Золото-хром-плагинно-сульфидная (Au-Cr-Pt-Sul)	Вкрапления, линзы, ленты	Cr-Cu-As-Au-Pb Fe-Co-Ni-Pt-Ti	Тебинбулак, Кокаралсай	Ореолный слабоинтенсивный шлейф в контактовой зоне Тебинбулацкого интрузива
<i>Горы Букатмау</i>				
Золото-уран-редкометаллическая (Au-U-RM)	Жилы, залежи, штокерки	Au-W-Ag-F Bi-Mo-Sn-U	Сарылау	Линейные ореолы в зонах контрационных трещин гранитного плутона
Золото-вольфрам-молибден-кварцевая (Au-W-Mo-Q)	Жилы, залежи, линзы, жильные штокерки	W-Bi-Ag-F Cu-Mo-Au-Sn	Саутбай, Кургантау	Овально-вытянутые контрастные ореолы поля
Золото-медно-полисульфидная (Au-Cu-Pol)	Прослой, линзы, брекчиевые зоны	Sb-Ag-As-Au Zn-Cu-Co ²⁺	Карамурун, Карабулак	Приближенно-изометричные и линейные ореолы в зонах сульфидизации
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Прожилки, линзы, вкрапленность	Au-As-Sb-Ag Cu-Ni-Co-Zn	Кокпатаасский рудный узел	Сложной морфологии ореолы поля в северозападной структуре Кокпатаасского тренда
	Прожилково-вкрапленное	Cu-Sb-As Au-W-Ni	Дженсай, Бозтау	Интенсивные ореолы: Au, W в гранитах Бозтау, Ni — в зонах окисления основных дайковых пород
Золото-кварцевая (Au-Q)	Жилы, жильный штокерк	Ag-As W-Au	Айтым	Зоны узковыветнутых сухих ореолных серий
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)		Cu-Mo-Cd-W-Co Ni-Zn-V-Au-As	Ороздаы	Неправильно-овальные и линзовидные ореолы в зонах сульфидизации
Золото-редкометалло-кварцевая (Au-RM-Q)	Прожилково-вкрапленное	Au-Pb-As-Ag Mo-Cu-W-Ni	Джаркудук	Сложной морфологии вытянутые и пятнообразные ореолные поля
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Жилы, прожилки, вкрапления	Ag-Pb-Cu As-Au-Mo	Окжетпес, Илонсай, Огузтау	«Кинжалные» серии ореолов в зонах разломов с интенсивным расслоением и брекчированием пород (карбонаты, реже терриген)
<i>Горы Тамдытау</i>				
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Прожилки, линзы, вкрапления	Au-Sb-Pb Cu-W-Co As-Sb-Au Cu-W-Mo	Айрык, Аристан Бешаши, Акказат	Сложной морфологии и вытянутые ореолные поля, выделяющие зоны окварцевания, сульфидизации и стержневые кварцевые жилы

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
Золото-серебро-сульфидно-кварцевая (Au-Ag-Sul-Q)	Жилы, прожилки	Sb-Ag-Au-W As-Ba-Mn-Mo	Космалачи	Линейные среднетемпературные ореолы Ag с Au, лентовидные ореолы зоны Mo, U, Ba, Mn по поверхностям несогласия
Золото-уран-редкометалловая (Au-U-RM)	Жилы, прожилки, жильно-штокерковые зоны	As-Bi-Ag-Sb Te-Au-W-U	Мурунтау	Лентовидные протяженные ореольные структуры в секущих и согласных ослабленных зонах, погружающихся в СВ румбах. Размах коэффициента зональности от 10^8 (надрудные сечения) до 10^4 (уровни подрудных зон)
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Жилы, зоны дробления	As-Hg-Sb-Ag Au ² -W ²	Мюстенбай	Слабоинтенсивные вытянутые ореольные зоны и поля точечно-овальных ореолов Au и W
	Жилы, прожилки	Sb-Ag-W Cu-Mo-Au	Бесапантау	
	Жилы, прожилки	Ag-Pb-Sb Au-W-Cu	Рохат, Ясвай, Зимбылтау, Карашохо	Узковязнутые ореолы в зонах окварцевания, ожелезнения и лиственизации, вблизи стержневых кварцевых жил
		Au-Ag-Pb-Zn Cu-W-As-Bi	Тамлыбулак, Баллантау, Туманное	
<i>Горы Арманда-Бельтау</i>				
Золото-сульфидно-кварц-карбонатная (Au-Sul-Q-Carb)	Прожилки, линзы, вкрапления кварца и сульфидов, залежи (зона окисления)	Au-As-Ag-Sb W-Sn-Zn-Mo	Колчиқтау	Интенсивные ореолы Au, Sb во фронтальной ореольной зоне, Zn — в тыловой
Золото-серебро-полиметаллическая (Au-Ag-Pol)	Жилы, зоны окварцевания узко вытянутые	Ag-Pb-Zn-Au Mo-Ni-Co-Sn		Локальные зоны (швы) сульфидной минерализации, маркируемые «кинжалными» ореолами Pb (Ag), Zn
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Прожилки, линзы, вкрапления (зона окисления)	Au-Ag-As-Sb W-Mo-Ni-Co-Cu	Аджибутут, Центральный участок	Контрастные ореолы Au, As в подошве зоны окисления и апикальной части герциновых руд
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Залежи, линзы, прожилки, рудные столбы, вкрапленность	Sb-As-Pb-Au	Амантайтау	Среднетемпературные ореольные поля As, Sb и Au узковытянутой, линзовидно-свалевой и негравильной морфологии; зоны сульфидизации, маркируемые ореолами Co, Mo (W), Zn
		W-Mo-Co-Cu	Даугызтау	
		Hg-Sb-As-Au W-Mo-Co-Pb Au-Ag-Sb-As Cd-Zn-W-Mo	Акмамбет, Давон, Жолдас, Песчаное	
<i>Горы Кульдзуктау</i>				
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Жилы, прожилки	Hg-Ag-As-Au Cr-Ni-Co-Cu	Рудные зоны: Таушанская, Шайдараская, Бельтауская	Среднетемпературные ореольные поля линейной и сложной морфологии, в составе и контактовых зонах габброидных интрузивов
Золото-редкометалльно-кварцевая (Au-RM-Q)	Жильно-штокерковое	W-Sn-Au-Be Cu-Ni-Co-Cr	Эндо- и экзоконтактные зоны Актюбинского и Тосбулакского гранитных массивов	Низкотемпературные ореолы Be, W, Sn в эндоzone интрузий, Cu, Ni, Co, Cr — в экзоzone
Золото-сульфидно-кварц-карбонатная (Au-Sul-Q-Carb)	Жилы, прожилки, вкрапления	Bi-Ag-Pb-Hg Cu-W-Sn-Au	Проявления в центральной части Кульдзуктау	Локальные ореолы в зонах кварц-карбонатных жил с сульфидной минерализацией

Продолжение табл. 2

1		2		3		4		5	
				Горы Северный и Южный Нуратау					
Золото-кварцевая (Au-Q)	Жилы, прожилки, зоны дробления			Au, Pb, Sb, As W, Mo, Sn, Cu	Караулухана			Удлиненно-линзовидные контрастные ореолы в крутосклоненных зонах дробления и линейных штокерков	
Золото-полисульфидно-кварцевая (Au-Pol-Q)				Pb, Zn, Cu, Bi Fe, Co, Ni, Au	Маджерум, Огайлар, На-крут			Узковытянутые ореолы в трещинных структурах, лентовидные — в полусах ожелезнения	
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Прожилки, вкрапленность, линзы			Sb, Ag, As Au, Ni, Co	Учкель-Чабат			Ореолы контрастные сложной морфологии, Au, %: 25 — свободное, 50 — в сульфидах, 25 — в породообразующих минералах	
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Прожилки, жилы, вкрапленность			Au, Sb, As, Ag Cu, Pb, Ni, Co	Участок Новый, западная часть Марджанбулама			Линзовидные остро выклинивающиеся большей частью низкоинтенсивные ореолы	
Золото-кварцевая (Au-Q)	Жилы, прожилки			Au, As, Hg, Pb, Cu W ² , Mo ² , Sn	Кансай, Тандыр, Мадават, Каракудук, Пирали			Au — среднего класса содержания — удлиненные и изометричные ореольные поля	
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Жилы, жильно-штокерковые зоны, плитообразные залежи			Pb, Ag, Sb, As Bi ² , W, Au	Зармиган			Крутосклоненные ленто-, линзовидные контрастные ореолы в параллельных и кулисообразных структурах	
Золото-полисульфидно-кварцевая (Au-Pol-Q)	Жилы, прожилки			Ag, As, Sb, Pb Mo, W, Au, Co	Сармин (Араб), Биран, Корумлы, Айдыноулак, Первомайское			Zn, Cu, Mo, Sn — редкие слабоконтрастные ореолы; Au — ореольные поля кулис	
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Жилы, прожилково-вкрапленное			As, Hg, Ag, Sb, Nb Sn, Mo, V, Ni, Au	Гобдунгау, Каракастау			Характерны овально-вытянутые низкоинтенсивные ореолы Cu, Pb, Zn в зонах рассеянной минерализации	
<i>Учкулукское рудное поле (Pb, Zn)</i>									
Золото-полисульфидно-карбонат-баритовая (Au-Pol-Carb-Va)	Прожилково-вкрапленное			As, Au, Ag, Sb Co, Ni, Bi, Mo	Базайгыр (Егербели, Балыклы), Центральная рудная зона			Преимущественно Au и As минерализация; изолированные комплексы (Au, As, Ag) ореолы — спутники жильного и прожилково-вкрапленного полиметаллического оруденения с Ag, Au, Bi и др.	
				Pb, Zn, Ag, Au Co, Cu, Mo, Bi	Базайгыр (собственно)			Основные ореольные поля размещаются во фронтальной части минерализованной зоны	
<i>Мальгузарские горы</i>									
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Жилы, прожилки			As, Ag, Pb, Sb Au, Zn, Pt, REE	Бахмал, Четкисай, Гульд-раут, Зарбулак			Сложной формы ореолы в полосе межформационных срывов с убогосульфидным оруденением с Pt (сперрит) и акцессориями REE.	

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
Золото-серебро-полисульфидная (Au-Ag-Pol)	Жилы, прожилки, зоны дробления	Ag-Fe-V-Ni Au-Ti-Pr-Zn	Юлсай	Линейные ореолы по сульфидизированному дайкам габбро-диабазов и сериям кварц-карбонатных жил в зоне катаклаза
<i>Зирбулак-Висятдинские горы</i>				
Золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Зоны, линзы, прожилки, столбы	Sb-As-Ag-Au Cu-V-Ni-Co	Каракутан, Бешкудук, Капкаклы	Овально-линзовидные согласные и вытянутые секущие ореолы в зонах дробления и метасоматоза
Золото-серебро-полисульфидная (Au-Ag-Pol)	Жилы, прожилки, залежи, линзы	Cu-As-Ag-Sn-Sb V-Cr-Co-W-Au	Мирхайдарская площадь	Согласные и секущие ленто-линзовидные интенсивные ореолы Cu и As в восточном экзоконтакте Зирбулакского гранитного интрузива
Золото-редкометалльная (Au-RM)	Скарны (линзы, карманы, залежи)	As-Bi-Sn Mo-W-Au	Восточный Ингичке	Согласные приближенно-овальные и секущие лентовидные ореолы минерализованных зон (W, Mo, Bi, Sn) месторождения Ингичке
Касситерит-сфалкитная (Sn-Sil)	Система кварц-турмалиновых жил и зон безрезультативности	As-Sb-Ag-Cu W-Sn-Zn-Au	Карнаб, Лагас, Кармана, Челдыр	Интенсивные ореолы Sn, Bi, Ag в границах ореольного поля Cu
<i>Южный Узбекистан</i>				
Золото-полисульфидная (Au-Pol)	Залежи, жилы	Ag-Pb-Zn-Cu Co ²⁺ -Au-Ni	Новосай, Кульдара, Чакачар, Хандиза, Замбат (с Au), Бешнау	Линейно-линзовидные, островытянутые и сложной морфологии ореольные поля
Золото-медно-полисульфидная (Au-Cu-Pol)	Кварц-трейленовые жилы, прожилки, вкрапленность	Ag-Pb-Zn-Ni Au-Cu-Mo-V	Блюб, Обизаранг, Куктепа, Гава	Комплексные ореолы (Ag, Pb, Zn) сложной морфологии, удлиненно-линзовидные ореолы Cu
Золото-кварцевая (Au-Q)	Кварцевые жилы, прожилки	As-Ag-Sb Co-Ni-V	Хучи	«Кинжалных» ореолы Au в ореольных полях As и Sb сложной морфологии
Золото-кварцевая и золото-сульфидно-кварцевая (Au-Sul-Q)	Кварцевые штокерки, кварц-сульфидные прожилки	Sb-Ag-As-Au Cu-Mo-W-Sn	Чинарсай	Удлиненно-линзовидные ореолы Au и реже Ag в зонах окварцевания и сульфидизации
Золото-редкометалльная (Au-RM)	Скарны, скарноиды и гидротермалиты в контактовом ореоле интрузий; залежи, линзы, гнезда	W-Sn-Au-As Mo-B-Cu ²⁺	Яхтон, Мингчнор, Кызылтурук, Чаштепа, Широтное	Овально-вытянутые, линзовидные и серповидные ореолы средней интенсивности в эндо-экскарповых зонах гранитовдных интрузий
Золото-кварц-аргиллизитовая (Au-Q-Argil)	Кварцевые жилы, прожилки	Au-Ag-As Cu-Mo-Zn	Шаргунь	Узковытянутые средней контрастности ореолы Au в обрамлении ореолов Ag и As
Золото-редкометалльная (Au-RM)	Поля, жилы, линзы	As-Sb-As-Hg Cu-Sn-Co-Ni	Аката, Акба	Невыдержанные редкие ореолы Au; золото в глинистых железных минералах; слабоконтрастные ореолы Sb, As, Ni
Золото-редкометалльная (Au-RM)	Жилы, прожилки, вкрапленность	Li-Sn-W-Be Cu-Mo-B-Au	Туркуйлюк, Лолабулак	Лентовидные (Li, Be) и изометрично-прерывистые (Nb, Ta) ореольные поля в зонах развития пегматитов
Золото-касситерит-сфалкитная (Au-Sn-Sil)	Жилы, прожилки, вкрапленность	W-Sn-As-Ag Mo-Cu-Co-Au	Обилирюза	Сложной морфологии ореолы в зонах шестлит-касситеритовой минерализации

Геохимические формулы коэффициентов зональности рассчитаны нами для всех геолого-промышленных типов месторождений золота Узбекистана, а также 80 ведущих золото-серебряных и золотосодержащих объектов. Из 53 коэффициентов выведен обобщенный вертикальный ряд, ранжированный по уменьшению случаев встречаемости рудных элементов в формуле (см. табл. 3): Au (53)–Ag (38)–Cu (36)–As (34)–W (31)–Sb (27)–Mo (26)–Co (24)–Ni (21)–Sn (19)–Pb (18)–Zn (13)–Hg (7)–Bi, V (6)–Cr (5)–Fe, Pt, Ti (3)–Be, Mn, Cd, U, F (2)–Te, Li, Ba, Nb, В (по 1).

Первый очевидный вывод, следующий из порядка элементов в приводимом ряду, говорит о том, что только Au достигает 100%-ной встречаемости, а 50%-ную встречаемость преодолели лишь Ag, Cu, As, W, Sb и на граничном уровне Mo. Также очевидно, что во главе индивидуальных рядов стоят основные элементы-рудобразователи, подкрепляемые накоплением Sb, Co, Mo, Pb, Zn, Sn — обычных элементов середины ряда.

Среди всех приведенных элементов неожиданно высокой представляется частота встречаемости W, что, прежде всего, объясняется существенным увеличением в последние годы плотности наблюдений за его распределением, многообразием форм миграции в рудно-метасоматических процессах и особенно при ореолообразовании. Реально это связано с активным участием W в создании парагенезисов в обогащенных сульфидами типах руд, формировании не только тыловых, но и фронтальных (внешних) частей ореольных полей (элементы дальней миграции), включая и зоны окисления с Au, Ag и др.

Вольфрамовая минерализация — характерный признак многих крупных месторождений золота, локализованных в углеродисто-терригенных толщах Азии (Мурунтау и Кокпатаг, Узбекистан; Кумтор, Кыргызстан; Бакырчик и Суздальское, Казахстан; Олимпиада, Нежданинское, Майское, Наталкинское, Россия). Все эти месторождения — значительные объекты по запасам W [5].

Присутствие Mo, Co, Ni в формулах коэффициентов зональности в существенной мере обусловлено их легким и надежным определением в породах и рудах спектральными эмиссионными методами — основными в наборе поисковой аналитики. Медь, несмотря на в целом активную роль элемента-индикатора рудной зональности, на отдельных рудных полях (Мурунтауское, Ауминзатауское, западная часть Северонуратинской площади) индифферентна и характеризуется одними из самых низких коэффициентами вариаций.

Заканчивая краткое сопроводительное описание основных элементов (зон) геохимического райони-

рования территории республики, сравним ряды вертикальной геохимической зональности главных золоторудных месторождений бывшего Советского Союза (обобщенные минеральные типы по многочисленным публикациям В.Б.Чекваидзе) и Узбекистана. Для последнего расчеты проделаны на объектах с преобладанием кварц-золотых, кварц-золото-редкометалльных и кварц-золото-сульфидных типов руд. Подобное сравнение при его определенном схематизме и некоторой доли условности, тем не менее, позволяет достаточно отчетливо выделить особенности рудной зональности месторождений золота Узбекистана. Так, во главе их рядов зональности (в апикальных частях месторождений) максимумами концентраций выделяются: Au (особенно), Sb (существенно), As и Ag, тогда как в месторождениях стран СНГ в этой позиции установлены максимумы концентраций Ag, Hg, Ba, Pb (поведение As непоследовательно). Несколько глубже по сравнению с рядом Ag–Pb смещены по вертикали в месторождениях СНГ Cu и Zn, не играющие, однако, заметной роли в рассмотренных нами примерах.

Важно отметить, что в золоторудных месторождениях Узбекистана несравненно выше активность W и его позиция в колонне зональности, а для Au и других металлов в ней к тому же обозначены две позиции максимумов — уровни поверхности и нижнего околорудного пространства (рис. 2).

Несмотря на постоянное нахождение Au среди элементов верхних частей рядов зональности, на многих крупных объектах Кызылкумов выше него могут располагаться максимумы концентраций не только спутников-халькофилов — Sb, Hg, As, но и литофилов — W, Mo. Рассматривая итоги сравнительного анализа применительно к Au, можно утверждать, что его роль как поискового индикатора собственных и комплексных рудных концентраций (особенно промышленных) более значительна в узбекистанской части Тянь-Шаня, чем в других регионах (особенно Казахстана, Кавказа, Сибири, Урала).

Касаясь упомянутых позиций двух максимумов нахождения золота в разрезе рудно-метасоматической колонны, авторы склонны объяснить их следующим. В первой (нижней) позиции проявлена тенденция Au к концентрации в богатой сульфатами среде из-за возникшего высокого сродства к S и индифферентности к O и F [2]. То же характерно и для Mo, Co, Cu, которые, концентрируясь в сульфидных расплавах, также создают максимумы концентраций в тыловых зонах рудных ореолов. При этом происходит «маскировка» Hg и Sb, которая настолько сильна, что они как бы «исчезают» из рядов зональности. Однако под влиянием Se миграционные

3. Ряды вертикальной геохимической зональности золоторудных месторождений и проявлений
Западного и Южного Узбекистана

Au-Cr- Pt-Sul	Au-U-RM		Au-RM				Au-RM-Q		Au-Sul-Q						
	Cr						Au	Cu							
Cu	As	Au		W	Li	W	Au	As	Mo		Au	Au		As	
As	Bi	W	As	Sn	Sn	Sn	Pb	Cu	Cd	Cu	As	Ag	Ag	Hg	
Au	Ag	F	Bi	Au	W	Au	As	Pb	W	Sb	Sb	Pb	Pb	Sb	
Pb	Sb	Ag	Sn	As	Be	Be	Ag	Zn	Co	As	Ag	Zn	Sb	Ag	
Fe	Te	Bi	Mo	Mo	Cu	Cu	Mo	Sn	Ni	Au	Cu	Cu	Au	Au ²	
Co	Au	Mo	W	B	Mo	Ni	Cu	Mo	Zn	W	Ni	W	W	W ²	
Ni	W	Sn	Au	Cu ²	B	Co	W	Ni	V	Ni	Co	As	Cu		
Pt	U	U		Au	Cr	Ni	Co	Au			Zn	Bi			
Ti															
Тебінбулак, Кокралысай	Мурунтау	Сарытау, Турбай	Восточный Ингичке	Яхтон, Кызылтурук	Лолабулак, Туртуйлюк	Актосты, Тозбулак	Джаркудук	Зенгембо, Шейхжейли	Орозалы	Дженсай, Бозтау	Кокпатас	Тамдыбулак, Балпантау	Ясвай, Карашохо	Мюгенбай	

Au-Sul-Q														
		Au								As				
		Ag	Au	Sb	Hg	Hg	Pb	Au	Hg			Sb	As	Sb
Sb	As	As	Ag	As	Sb	Ag	Ag	Sb	Ag	Sn	As	Ag	Ag	Ag
Ag	Sb	V	Sb	Pb	As	Sb	Sb	As	Sb	Ag	Ag	Pb	As	As
W	Au	Sb	As	Au	Au	Au	As	Ag	Nb	As	Au	Sb	Au	Au
Cu	Cu	W	Zn	W	W	Cr	Bi ²	Cu	Sn	Au	Cu	Au	Cu	Cu
Mo	W	Mo	Cd	Mo	Mo	Ni	W	Pb	Mo	Ni	V	Zn	Mo	Mo
Au	Mo	Ni	W	Co	Co	Co	Au	Ni	V	Co	Ni	Pt	W	W
Бесапантау	Айрык, Аристан	Co	Mo	Cu	Pb	Cu		Co	Ni		Co		Sn	
		Cu							Au					
		Давон, Жолдас, Песчаное	Амантайтау	Дауызатау	Бельтау, Таушан	Зармитан	Марджанбулак	Гобдунтау, Каракчатау	Учколь-Чабат	Каракатан, Бешкудук	Бахмал, Зарабулак	Чинарсай		

Au-Sn- Sul	Au-Sn-Sil		Au-W- Mo-Q	Au-Q				Au-Pol-Q		Au-Pol	Au-Cu- Pol-Q	Au-Cu-Pol		Au-Ag-Sul-Q	
	As				Au	As		Pb	Ag	Ag	As	Sb	Ag	Sb	
Cu	As	W	W		Au	As		Pb	Ag	Ag	As	Sb	Ag	Sb	
Pb	Sb	Sn	Bi		Pb	Ag	Au	Zn	As	Pb	Ag	Ag	Pb	Ag	Ag
Au	Ag	As	Ag	Ag	Sb	Pb	As	Cu	Sb	Zn	Cu	As	Zn	Au	Pb
Sn	Cu	Ag	F	As	Ag	Cu	Sb	Bi	Pb	Cu	Hg	Au	Ni	W	Cu
Cr	W	Mo	Cu	W	W	W ²	Co	Fe	Mo	Co ²	Au	Zn	Au	As	As
Co	Sn	Cu	Mo	Au	Mo	Mo ²	Ni	Co	W	Au	Ni	Cu	Cu	Ba	Au
Ni	Zn	Co	Au		Sn	Sn	V	Ni	Au	Ni	Co	Co ²	Mo	Mn	Mo
Ti	Au	Au	Sn		Cu			Au	Co		Cr		V	Mo	
Mn															
Восточный и Юго-Восточный Султанувайс	Карнаб, Лапас, Кармана	Обилирюза	Саутбай, Курантау	Айтым	Караулхона	Кансай, Каракудук	Хучи	Маджирум, Накрут	Сармич, Биран	Хандива, Чакчар	Джамансай	Карамурун, Карабулак	Биоб, Гава	Косманачи	Охкетпес, Илгонсай

Продолжение табл. 3

	Au-Ag-Pol		Au-Pol-Carb-Ba		Au-Sul-Q-Carb		Au-Q-Arg
	Cu						
Ag	As	Ag	As	Pb	Bi	Au	Au
Fe	Ag	Pb	Au	Zn	Ag	As	Sb
V	Sn	Zn	Ag	Ag	Pb	Ag	As
Ni	Sb	Au	Sb	Au	Hg	Sb	Hg
Au	V	Mo	Co	Co	Cu	W	Cu
Ti	Co	Ni	Ni	Cu	W	Sn	Sn
Pt	Cr	Co	Bi	Mo	Sn	Zn	Co
Zn	W	Sn	Mo	Bi	Au	Mo	Ni
Юлсай	Au						
	Мирхайдарская площадь	Колчиқтау фланги	Базайтёр фланги	Базайтёр фронтальная часть	Кульдруктау	Колчиқтау фронтальная часть	Аката, Акба

Примечание. Рудные формации: Au-Cr-Pt-Sul — золото-хром-платина-сульфидная, Au-U-RM — золото-уран-редкометаллическая, Au-RM — золото-редкометаллическая, Au-RM-Q — золото-редкометаллическо-кварцевая, Au-Sul-Q — золото-сульфидно-кварцевая, Au-Sn-Sul — золото-касситерит-сульфидная, Au-Sn-Sil — золото-касситерит-силикатная, Au-W-Mo-Q — золото-вольфрам-молибден-кварцевая, Au-Q — золото-кварцевая, Au-Pol-Q — золото-полисульфидно-кварцевая, Au-Pol — золото-полисульфидная, Au-Cu-Pol-Q — золото-медно-полисульфидно-кварцевая, Au-Cu-Pol — золото-медно-полисульфидная, Au-Ag-Sul-Q — золото-серебро-сульфидно-кварцевая, Au-Ag-Pol — золото-серебро-полисульфидная, Au-Pol-Carb-Ba — золото-полисульфидно-карбонат-баритовая, Au-Sul-Q-Carb — золото-сульфидно-кварц-карбонатная, Au-Q-Arg — золото-кварц-аргиллизитовая; жирная линия — разграничение относительно рудного уровня: нижнего окорудного пространства (все элементы ниже линии), верхнего окорудного пространства (1-й элемент ряда выше линии), промежуточного уровня (2-й и 3-й элементы), уровня поверхности (4-й и 5-й элементы).

возможности Hg (а для наших примеров особенно Sb) резко возрастают (часто с Cu, V, Zn, Bi), что передвигает максимумы их концентраций во фронтальные участки ореольных полей.

Если этот процесс сопровождается ростом сульфидности среды, то начинается изменение геохимических характеристик золота, для которого преобладающей становится тонкодисперсная (сульфидная) форма вхождения, а отсюда и доля в общем балансе «упорного» золота, растут величина его отношения к серебру, неравномерность распределения и полиминеральность. Это потенциально ухудшает технологические качества золотоносных руд, что необходимо учитывать при прогнозной оценке подобного оруденения.

Накопление золота во второй (верхней) позиции связано, особенно в месторождениях кварц-золотой и золото-сульфидной формаций, с селенидами (остающимися в продуктах рудообразования незаметными) и теллуридами, поддерживающими высокий миграционный потенциал золотоносных комплексных соединений. Что же касается тесно связанных с золотом серебра и мышьяка, то их миграция в апикальную часть золоторудных месторождений (промежуточный уровень зональности)

происходит в виде галоидных комплексов высокой металлоэкстрагируемости.

Остановимся на латеральной зональности распределения золота, возникающей при его химическом выщелачивании и механическом перемещении при гипергенном преобразовании золоторудных месторождений. Задумаемся над вопросом, каковы миграционные возможности золота за пределами коренного источника, способствовавшие образованию перемещенных золотоносных ореолов.

Рассматривая проблемы россыпеобразующей способности основных золоторудных формаций в разных геотектонических условиях, С.Д.Шер [8] пришел к выводам о ее резком различии и невозможности прямого локального прогноза рудных запасов золота по россыпным запасам. По материалам С.Д.Шера (уточненным в работе Д.Н.Сафронова) [6], нами построена диаграмма (рис. 3), на которой показано, что размах отношения руда/россыпь может достигать даже трех порядков с обратными знаками.

В Узбекистане соотношения рудных и россыпных запасов золота резко обратно пропорциональны, причем наибольшей россыпеобразующей спо-

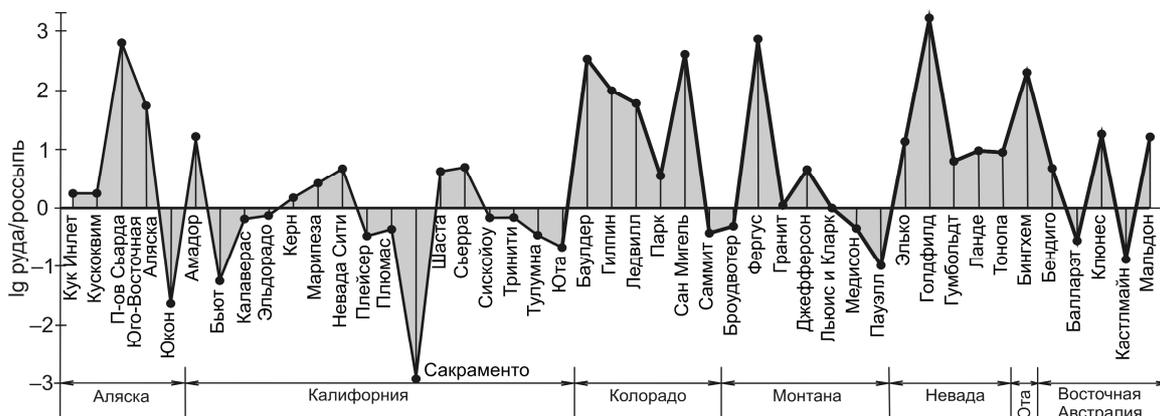


Рис. 3. Диаграмма соотношений руда/россыпь золоторудных месторождений США и Восточной Австралии, построена по данным Д.Н.Сафронова (1985), заимствованным из работы С.Д.Шера (1972)

при анализе структур геохимических полей Западного Узбекистана была отмечена их главная генетическая особенность — проявление осевой региональной зональности. Осевая зональность с участием золота, т.е. проявления его в различных региональных геохимических парагенезисах, в принципе отразила как общее снижение с запада на восток (Кызылкумы – Нуратау – Туркестанский хребет, горы Мальгузар) металлогенического потенциала Au и W, так и его увеличение для Hg и Sb;

полученные для Кызылкумов и Нуратау морфогенетические характеристики геохимических ореольных полей, определение места золота в их латеральных и вертикальных сечениях, а также рассчитанные ряды вертикальной геохимической зональности имеют определенное поисковое значение, особенно при разбраковке результатов геохимических съемок золотоносных узлов, полей и зон. Это может привести к изменению в их пределах стратегии поисков и переоценке перспектив за счет флангов и глубоких горизонтов золоторудных месторождений [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Методика изучения рудоносных структур в терригенных толщах. – М.: Недра, 1988.
2. Маракушев А.А. Петрогенезис и рудообразование. – М.: Наука, 1979.
3. Перспективы расширения Мурунтау-Косманачинского рудного узла (Центральные Кызылкумы, Узбекистан) / Ю.Б.Ежков, Р.Р.Рахимов, Б.Б.Василевский и др. // Руды и металлы. 2009. № 2. С. 28–45.
4. Прогнозная оценка глубоких горизонтов и флангов золоторудных месторождений / Под ред. В.А.Нарсеева. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
5. Рафаилович М.С., Шевкунов А.Г., Колоскова С.М., Ежков Ю.Б. Вольфрамовая минерализация в крупных месторождениях золота в углеродисто-терригенных толщах Средней Азии // Геология и минеральные ресурсы. 2013. № 3. С. 16–28.
6. Сафронов Д.Н. Использование количественных соотношений между россыпной и коренной золотоносностью для регионального прогноза // Разведка и охрана недр. 1985. № 6. С. 59–62.
7. Смыслов А.А. Принципы и методы геохимических исследований при прогнозировании и поисках рудных месторождений. – Л.: Недра, 1979.
8. Шер С.Д. Металлогения золота (Северная Америка, Австралия и Океания). – М.: Недра, 1972.

УДК 553.411.043 (571.5)

© В.О.Коньшев, 2014

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЙ Au В РУДОПРОЯВЛЕНИЯХ С КРУПНЫМ ЗОЛОТОМ ОРТОН-БАЛЫКСИНСКОГО РАЙОНА, КУЗНЕЦКОЙ АЛАТАУ**В.О.Коньшев (ФГУП «ЦНИГРИ»)**

Установлена невысокая достоверность рядового опробования при оценке рудопроявлений с крупным золотом. Выявлено, что абсолютные погрешности определения рядовым опробованием средних содержаний Au повышаются не только с возрастанием богатства руд, но и в пробах с низкими содержаниями металла. Для керновых проб с поперечными сечениями в 2,5 раза меньшими, чем для бороздовых проб, установлены более высокие коэффициенты занижения истинных содержаний. Обосновывается необходимость использования этих коэффициентов для коррекции средних содержаний Au в рудных телах.

Ключевые слова: золоторудный участок, минерализованная зона, разведочное пересечение, групповая проба, истинное содержание Au, прогнозные ресурсы.

Коньшев Вилли Оттович, villi.konishev@gmail.com

TECHNIQUE OF GRADE EVALUATION IN COARSE GOLD OCCURENCES WITHIN ORTON-BALYKSI AREA, KUZNETSKY ALATAU**V.O.Konyshev**

Reliability of ordinary sampling in evaluation of coarse gold occurrences was found to be low. It was determined that absolute errors for average gold grade assessment by ordinary sampling increase not only as ore grades enhance but also for low metal grade classes. For core samples with cross-sections 2,5 times less than for channel samples, higher rates of true grade understatement were found. The need to use these rates to correct average grades in orebodies.

Key words: gold field, mineralized zone, exploratory intersection, bulk sample, true gold grade, inferred resources.

Ортон-Балыксинский золотоносный район в пределах Мартайгинско-Верхнелебедской металлогенической и одноименной структурно-формационной зон Кузнецкого Алатау [1] в палеотектоническом плане приурочен к поперечному блоку субмеридиональной раннепалеозойской андезибазальтовой островодужной гряды, перекрытой на террасах ее восточного склона нижнекембрийскими флишевыми и карбонатными толщами.

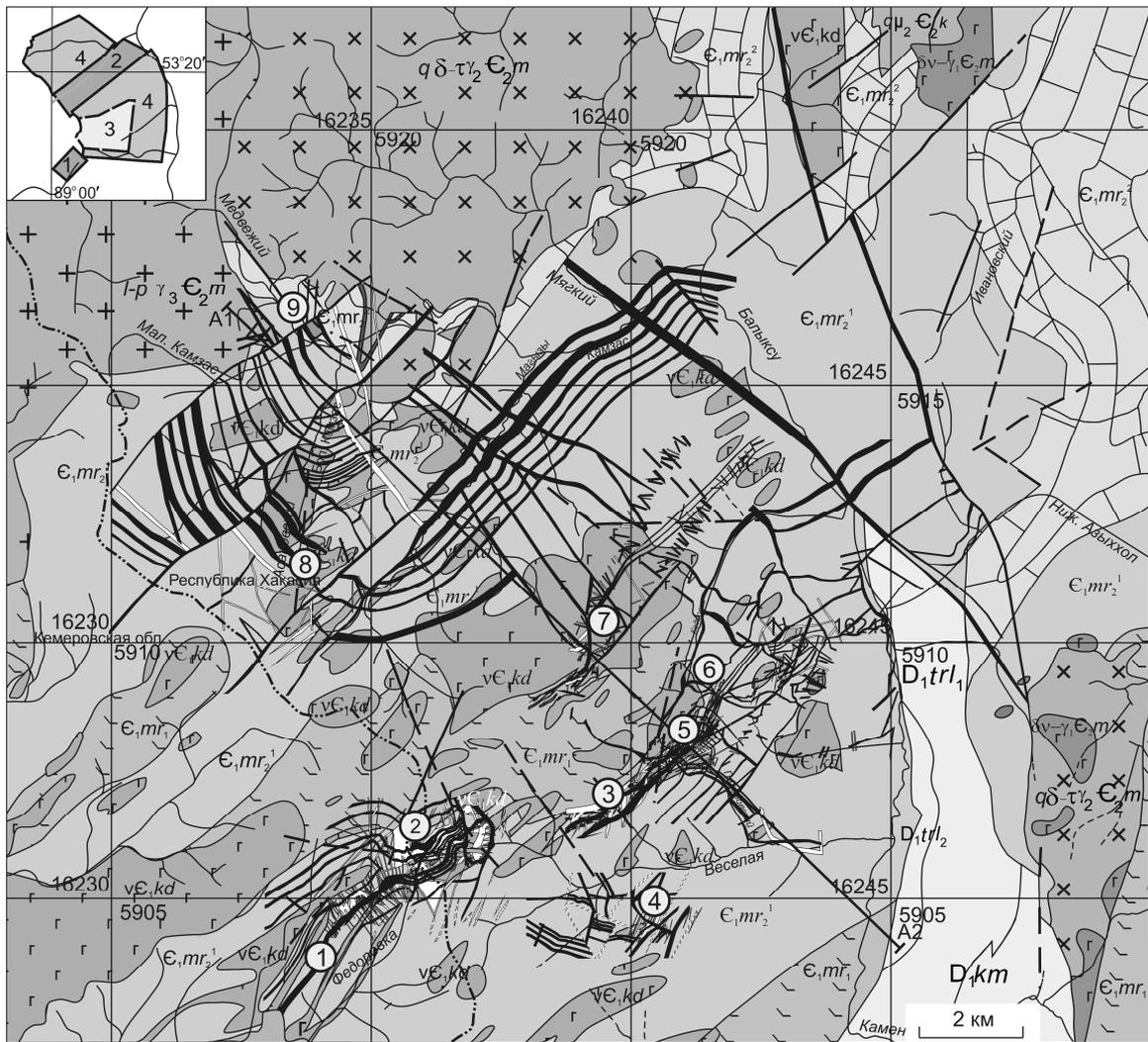
Вулканогенно-осадочные отложения в процессе каледонской коллизии были смяты в линейные складки северо-восточного простирания, разбиты разрывными нарушениями, прорваны густым каркасом субмеридиональных даек и небольшими массивами габброидов среднекембрийского кундустуольского комплекса (рис. 1). Этап коллизионного, или раннеорогенного, развития каледонид Кузнецкого Алатау завершился становлением среднекембрий-

Рис. 1. Прогнозная карта золотоносности северо-восточной части Ортон-Балыксинского рудного района, составлена с использованием материалов ООО «СибГео» (Е.А.Белоножка, 2011) и ОАО «Миусинская ГРЭ» (Ю.В.Беспалов, 1997, 2001):

1 — D_1trl_2 , красноцветные песчаники, алевролиты, туфопесчаники, линзы конгломератов, лавобрекчий, покровы андезитовых, андезит-базальтовых порфиритов, >200 м; 2 — D_1trl_1 , афанитовые оливиновые порфириты, диабазы, лиловые андезит-лабрадорные порфириты, плагиопорфириты, линзы туфов, песчаников, туфопесчаников, в основании линзы конгломератов, 800 м; 3 — D_1kt , оливиновые, андезит-лабрадорные порфириты, фельзиты, плагиопорфиры, слои конгломератов, песчаников, туфопесчаников, ~1300 м; 4 — $E_1mr_2^2$, серые мраморизованные известняки, доломитизированные известняки, горизонты кремнистых пород, глинистые сланцы, 1000 м; 5 — $E_1mr_2^1$, туфы среднего и основного составов, андезиты, алевросланцы, углеродисто-кремнистые сланцы, 1000 м; 6 — E_1mr_1 , амфиболитизированные базальты, диабазы, андезитобазальты, их туфы, лавобрекчии, хлоритовые сланцы, прослои кремнистых пород, >1000 м; мартайгинский габбро-диорит-плагиогранитный комплекс: 7 — лейкоплагиограниты третьей фазы, 8 — кварцевые диориты, плагиограниты второй фазы, 9 — габбро-диориты, габбро первой фазы; 10 — кундустуольский габбро-диоритовый комплекс; 11 — дайки и мелкие массивы диабазов и порфировидных габбро, откартированные ЦНИГРИ; 12 — границы разновозрастных стратиграфических и интрузивных подразделений; разрывные нарушения: 13 — достоверные, 14 — предполагаемые; 15 — терригенно-карбонатные породы; 16 — лейкоплагиограниты; 17 — кварцевые диориты, плагиограниты; 18 — габбро-диориты, габбро; 19 — андезитобазальты, их туфы и сланцы по ним; 20 — минерализованные зоны, откартированные ЦНИГРИ; 21 — золоторудные месторождения и рудопроявления: 1 — Федоровское, 2 — Кедровское, 3 — Золотое, 4 — Веселое, 5 — Пахомовское, 6 — Аномальное, 7 — Чашкатское, 8 — Асановское, 9 — Медвежье; 22 — геологические и горные отводы (на врезке): 1 — Федоровский (ОАО «КЕМО»), 2 — Магьзинский, 3 — Кедровский, 4 — Комсомольский

ско-силурийских интрузий когтасского, мартайгинского и тигертышского гранитоидных комплексов. В позднеорогенный этап изостатической компенсации региона в межгорных впадинах и грабенах формировались девонские толщи красноцветных континентальных моласс и субщелочных андезибазальтов с субвулканическими интрузивами.

Золотоносный район прослеживается в северо-восточном направлении на 60 км вдоль асимметричной Чашкатской антиклинали 1-го порядка с запрокинутыми на юго-восток крыльями, осложненными складками второго порядка. Ядро антиклинали сложено нижнекембрийскими терригенно-вулканогенными породами нижнемерасской подсви-



Разрез по линии A1 - A2



- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----|-------------|----|-----------|----|-------------|----|-------------|----|-----------|----|-------------------|----|----------------------------|----|
| D_{1tr_2} | 1 | D_{1tr_1} | 2 | D_{1km} | 3 | E_{1mr_2} | 4 | E_{1mr_1} | 5 | E_{1mr} | 6 | $I-p\gamma_3E_2m$ | 7 | $q\delta-\tau\gamma_2E_2m$ | 8 |
| $\delta v-\gamma_1E_2m$ | 9 | vE_{1kd} | 10 | | 11 | | 12 | | 13 | | 14 | | 15 | | 16 |
| | 17 | Γ | 18 | | 19 | | 20 | | 21 | | 22 | | | | |



Рис. 2. Рудоносные горизонты граувакковых песчаников и черных сланцев Федоровско-Кедровского рудного поля, составил В.О.Коньшев, 2007 г. с использованием материалов ОАО «Берег» (В.К.Кондрин, 2007) и ОАО «Минусинская ГРЭ» (Ю.В.Беспалов, 2001):

$E_1mr^{1,2}$, нижняя пачка (ботомский ярус): 1 — песчаники, 2 — алевролиты, 3 — углеродистые аргиллиты и черные сланцы, 4 — известняки, 5 — андезиты, их туфолавы и туфы; 6 — E_1mr_1 (атдабанский ярус) — андезиты, базальты, их туфы, кристаллические зеленые сланцы, серые филлиты; 7 — габбро порфиоровидное в диабазовой оторочке; 8 — дайки диабазов; 9 — габбро-диориты; 10 — горизонты рудоносных песчаников и черных сланцев; 11 — литохимические аномалии Au; 12 — поисковые выработки (а — канавы; б — скважины); 13 — штольня ОАО «КЕМО»; 14 — административная граница

ты атдабанского века, а крылья — флишевой пачкой верхнемрасской подсвиты ботомского века. Флишевая пачка вмещает большую часть стратоидных и секущих минерализованных зон с прожилково-вкрапленными золото-сульфидно-кварцевыми рудами [7]. Ширина золотоносного района 15–

20 км. На прилегающих к нему с севера, юго-запада и юга менее золотоносных площадях орогенные гранитоидные породы преобладают над нижнекембрийскими вулканогенно-осадочными. С юго-востока район ограничен девонскими породами Балыксинского грабена.

В пределах района поисковыми работами ОАО «Минусинская экспедиция» (Ю.В.Беспалов, 1997, 2001), ОАО «Южно-Кузбасская экспедиция» (В.М.Пенькин, 1995), ЗАО ГРК «Плутон» (В.И.Бондарев, 1996), ОАО «КЕМО» (В.О.Конышев, 2003), ОАО «Берег» (В.К.Кондрин, 2007), ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, 2011) за последние два десятилетия обнаружены золоторудные проявления, золоторудные поля и перспективные площади, для которых на смежных территориях Республики Хакасия и Кемеровской области утверждены прогнозные ресурсы коренного золота категорий P_1 15 т, P_2 150 т, P_3 313 т. Из россыпей района добыто >40 т Au. По этим показателям Ортон-Балыксинский золотоносный район следует относить к первоочередному для промышленного освоения в экономически благоприятных условиях Алтае-Саянской металлогенической провинции.

Основная причина запоздалого выявления золоторудных объектов в районе, где богатые золотоносные россыпи обрабатываются с 1832 г., — невысокая достоверность рядового опробования для руд с гнездовым и бонанцевым распределением крупного золота. При поисковых работах гнезда и бонанцы случайно обнаруживались в жилах и минерализованных зонах и из-за небольших размеров считались пригодными только для кустарных разработок. Оценка содержаний Au в крупнообъемных залежах с учетом гнезд крупного золота обычно не проводилась.

Автором при поисках и оценке конкретных рудопроявлений были проведены заверочные работы, показавшие низкую достоверность бороздового и кернового опробования [8]. Для повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов предложен способ определения истинных содержаний Au в рудных телах по балансу металла в продуктах гравитационного обогащения групповых проб. Рассмотрим его применение на примерах изученных и прогнозируемых объектов рудного района с переоценкой прогнозных ресурсов.

Федоровско-Кедровское рудное поле расположено в центральной части золотоносного района и разделено на две части по административной границе Республики Хакасия и Кемеровской области. В юго-западной Кемеровской части рудного поля находится золоторудное месторождение Федоровское 1, в северо-восточной Хакасской — рудопроявление Кедровское (рис. 2).

Месторождение Федоровское 1 на ранней стадии изучения относилось к жильному. По обнаруженным бонанцам и гнездам самородного золота наибольшую известность получила жила Стерж-

невая. При опытно-промышленной отработке небольшой ее части (748 т) мощностью 0,73 м ЗАО ГРК «Плутон» добыто >50 кг Au. Преобладающая часть золота (99,4%) была сконцентрирована в бонанцах и гнездах, которые, по расчетам автора [6], слагали лишь 4,5% объема жилы (35 т руды). Остальной ее объем характеризовался непромышленными содержаниями на уровне 0,2–0,5 г/т. Несмотря на это, среднее содержание Au в отработанной части жилы, с учетом бонанцев и некондиционных включений, составило 84,6 г/т.

Жилы окаймлены серицит-альбит-кварц-анкеритовыми метасоматитами с прожилково-вкрапленной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией по карбонатно-вулканогенно-терригенным породам. Горнорудной компанией ОАО «КЕМО» по бортовому содержанию 0,8 г/т Au на месторождении оконтурено семь рудных тел со средней мощностью 4 м и средним содержанием Au 3,7 г/т. В геологических блоках этих тел по результатам пробирных анализов 5000 бороздовых и керновых проб подсчитаны запасы Au в окисленных рудах до глубины 24 м категории C_1 1200 кг, C_2 2856 кг. До глубины 200 м оценены прогнозные ресурсы первичных руд категории P_1 30 т [7].

При бортовом содержании Au 0,2 г/т все рудные тела объединяются в единую стратоидную залежь мощностью 66 м, локализованную в контурах рудоносного горизонта березитизированных граувакковых туфопесчаников с прослоями черных сланцев, известняков и силлами анкеритизированных андезидацитов. Горизонт залегает между мощными пластами известняков флишевой пачки верхнемрасской подсветы и падает на северо-запад под углами 60–75°. В 2000–2002 гг. горными и буровыми работами ОАО «КЕМО» стратоидная залежь была прослежена по простиранию в северо-восточном направлении на 1560 м и на глубину до 250 м. Среднее содержание Au в ней составило 1,13 г/т [6]. На государственную экспертизу подсчитанные запасы и оцененные прогнозные ресурсы недропользователем не представлялись. В Кадастре прогнозных ресурсов по состоянию на 01.01.2012 г. на участке Федоровское 1 (площадь 9,8 км²) числятся лишь прогнозные ресурсы Au категории P_3 30 т.

На месторождении Федоровское 1 автор впервые столкнулся с фактами многократного занижения содержаний Au пробирными анализами в рядовых бороздовых пробах по рудам с видимым золотом [8]. Для заверки рядовых проб отбирались групповые и крупнообъемные валовые пробы. Истинные содержания Au определялись по балансу металла в продуктах гравитационного обогащения полных масс заверочных проб и сопоставлялись со

Сопоставление средних содержаний Au, определенных по результатам рядового опробования ($C_{\text{пр}}$) и по балансу металла ($C_{\text{мет}}$) в продуктах гравитационного обогащения групповых (технологических) проб, составлено с использованием результатов ранее опубликованных работ [8, 9]

Наименование проб	Число и вид проб в составе ЛТП	Массы групповых ЛТП, кг	Средние содержания Au, г/т			$K_{\text{д}}$ от – до, (средний)
			По пробирным анализам рядовых проб	По балансу Au в продуктах обогащения ЛТП		
				Пробирные анализы	Данные цианирования	
<i>Месторождение Федоровское-1</i>						
Рудный блок 4 С ₁	13 крупнообъемных, заверивших 82 бороздовые	36 200	17,4	97,0	-	5,58
Полупромышленная ЛТП 10	1 крупнообъемная, заверившая 12 ямковых	23 100	6,8	20,7		3,04
ЛТП 10	14 бороздовых	100	5,09	14,35	-	2,82
<i>Участок Кедровский</i>						
ЛТП 1-Кедр	31 бороздовая	343,35	4,06	7,62	8,38	1,88–2,06 (1,97)
ЛТП 2-Кедр	97 бороздовых	948,93	1,50	2,27	2,60	1,51–1,73 (1,62)
<i>Участок Чашкатский</i>						
ЛТП 1-Комсомол	26 бороздовых	292,45	0,78	1,666	1,765	2,14–2,27 (2,20)
<i>Участок Аномальный (разведочное пересечение мощностью 55,5 м, окомтуренное по борту 0,1 г/т Au)</i>						
ЛТП 3-Комсомол	37 бороздовых по каждому из двух сопряженных рядов опробования		0,58 (среднее по двум рядам проб: 0,39 — по первому, 0,77 — по второму ряду)			1,57–1,98 (1,78)
	40 керновых	160,66	0,13	0,912	1,146	7,02–8,82 (7,92)
<i>Участок Пахомовский</i>						
ЛТП 2-Комсомол	68 керновых и золото из одной керновой	218,5	1,82	6,38	6,46	3,51–3,55 (3,53)

средними содержаниями, полученными по рядовому опробованию (таблица). Установлено, что в зависимости от богатства руд на объекте наблюдалось занижение содержаний рядовым опробованием в 2,82–5,58 раза.

Участок Кедровский выявлен в 1997 г. ОАО «Минусинская экспедиция» при ГДП-50 на северо-восточном фланге месторождения Федоровское 1 за пределами Кемеровской области на смежной территории Республики Хакасия. По результатам поисковых работ ОАО «Берег» в 2007 г. здесь установлено шесть стратонидных минерализованных зон северо-восточного простирания (см. рис. 2). Крайняя юго-восточная зона участка Кедровский сопрягается по простиранию с минерализованной зоной месторождения Федоровское 1. Однако наиболее крупная рудная залежь участка Кедровский, содержащая 50% от его апробированных прогнозных ресурсов категории Р₂ 80 т золота, приурочена к другому рудонос-

ному горизонту, отстоящему на 550 м к северо-западу от первого. В промежутке между главными рудоносными горизонтами на Кедровском участке обнаружены еще четыре менее мощные минерализованные зоны.

Возможно, что главные рудоносные горизонты объекта залегают на одном стратиграфическом уровне в рудоносной флишевой пачке верхнемарасской подсвиты [7], располагаясь в запрокинутых на юго-восток под углами 50–85° противоположных крыльях Федоровской синклинали 2-го порядка. Эта синклиналь с северо-запада примыкает к ядру Чашкатской антиклинали 1-го порядка (см. рис. 1), сложенной менее золотоносными терригенно-вулканогенными породами нижнемарасской подсвиты.

Для заверки результатов рядового опробования из материала бороздовых проб разведочных пересечений минерализованных зон Кедровского участка в 2007 г. составлены две групповые лаборатор-

ные технологические пробы (ЛТП) 1- и 2-Кедр (см. таблицу). По балансу золота, извлеченного из них в продукты обогащения, определены истинные содержания Au. Они в 1,62–1,97 раза превысили расчетные содержания по пробирным анализам бороздовых проб, полные массы которых вошли в состав ЛТП. По результатам заверки автором составлены диаграммы и рассчитаны формулы для определения близких к истинным содержаниям Au и коэффициентов коррекции к средним содержаниям, оцененным по рядовому опробованию [8]. При этом выявлена тенденция к возрастанию коэффициентов коррекции с увеличением богатства руд золоторудных тел Федоровско-Кедровского рудного поля.

В настоящее время на Кедровском участке силами ООО «СибГео» продолжают поисковые работы в целях локализации и оценки прогнозных ресурсов золота категории P_1 40 т и P_2 20 т. В процессе работ данные рядового бороздового и керна опробования заверяются отбором и обогащением еще шести групповых ЛТП для повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов на классах рядовых и низких содержаний Au.

С юго-запада Федоровско-Кедровское рудное поле ограничено небольшим Федоровским гранитоидным штоком среднекембрийско-ордовикского мартайгинского комплекса. Юго-западнее штока в рудоносной флишевой толще расположены Лазаретный и Ортонский золотоносные участки в рангах рудных полей, выявленные ОАО «Южно-Кузбасская экспедиция» (В.М.Пенькин, 1995). Минерализация на участках рассматривалась в качестве жильной. Для них в 2010 г. были апробированы прогнозныe ресурсы категории P_2 23 и 33 т Au соответственно при среднем содержании Au 4 г/т.

Лазаретный участок с 1995 г. не изучался. На Ортонском в настоящее время проводятся ревизионные поисковые работы. Для Малоортонского участка, где рудоносная флишевая пачка залегает не в юго-восточном, а в северо-западном крыле Чашкатской антиклинали, апробированы прогнозныe ресурсы категории P_3 70 т.

Участок Ортонский представлен тремя субпараллельными рудоносными горизонтами во флишевой пачке верхнемарасской (унушкольской) подсвиты. Они прослежены ревизионными поисковыми работами ОАО «Тетис» (А.Е.Авакумов, 2013) по простиранию на 1700 м, по падению на 200 м. Минерализованные зоны представлены брекчированными вдоль межпластовых срывов углеродистыми алевролитами и туфопесчаниками с прожилково-вкрапленной золото-сульфидно-кварцевой минерализацией. Контуры стратоидных залежей определены по результатам опробования. Для них

предварительно до завершения работ оценены прогнозныe ресурсы категории P_1 7,2 т и P_2 17,7 т при среднем содержании Au 1,3 г/т. Средняя мощность зон 9 м. В настоящее время выполняются работы по заверке средних содержаний Au в выявленных залежах путем извлечения золота в продукты гравитационного обогащения из трех групповых проб, составленных из полных масс бороздовых и керна проб.

Участок Золотой расположен на продолжении рудоносной флишевой пачки к северо-востоку от участка Кедровский (см. рис. 1). С северо-запада вдоль русла р. Кедровка он примыкает к андезибазальтам и сланцам нижнемарасской подсвиты ядра Чашкатской антиклинали. Вдоль осевой линии участка флишевая пачка перекрыта карбонатной пачкой верхнемарасской подсвиты, слагающей ядро Дресвянской синклинали 2-го порядка. Вдоль южного крыла синклинали над флишевой пачкой отработана крупная россыпь по р. Веселая и выявлены интенсивные аномалии Au и элементов-спутников во вторичных ореолах рассеяния. В коренных породах установлены минерализованные зоны участка Веселый. В 2011 г. по результатам рядового опробования единичных поверхностных горных выработок, вскрывших зоны участка Веселый, ООО «СибГео» не были обнаружены пересечения с промышленными параметрами.

В северо-западном крыле Дресвянской синклинали в 30-х годах XX в. подземными горными выработками на участке разведаны жилы Золотая и Комсомольская. Жила Золотая, расположенная в приводораздельной части истоков руч. Пахомовский и р. Кедровка, вскрыта двумя шахтами до глубины 20–30 м от поверхности и отработана между ними на отрезке 200 м. При среднем содержании Au в товарной руде 20 г/т из жилы добыто >220 кг металла. На флангах отработанной части за мощными поперечными дайками габброидов жила была потеряна. Жила Комсомольская в нескольких сотнях метров юго-западнее Золотой разведывалась штольнями. По результатам опробования определены низкие содержания Au, и разведочные работы были остановлены с началом Великой Отечественной войны в 1941 г.

Поисковыми работами при ГДП-50 (Ю.В.Беспалов, 1995) на участке Золотой и его флангах выделены многочисленные аномалии Au. Поисковыми работами ОАО «Берег» (В.К.Кондрин, 2007) для их заверки пройдены пять магистральных канав общей протяженностью 2200 м. На водоразделе рек Веселая и Кедровка во флишевой пачке канавами вскрыты две минерализованные зоны, представленные прожилково-вкрапленной золото-сульфид-

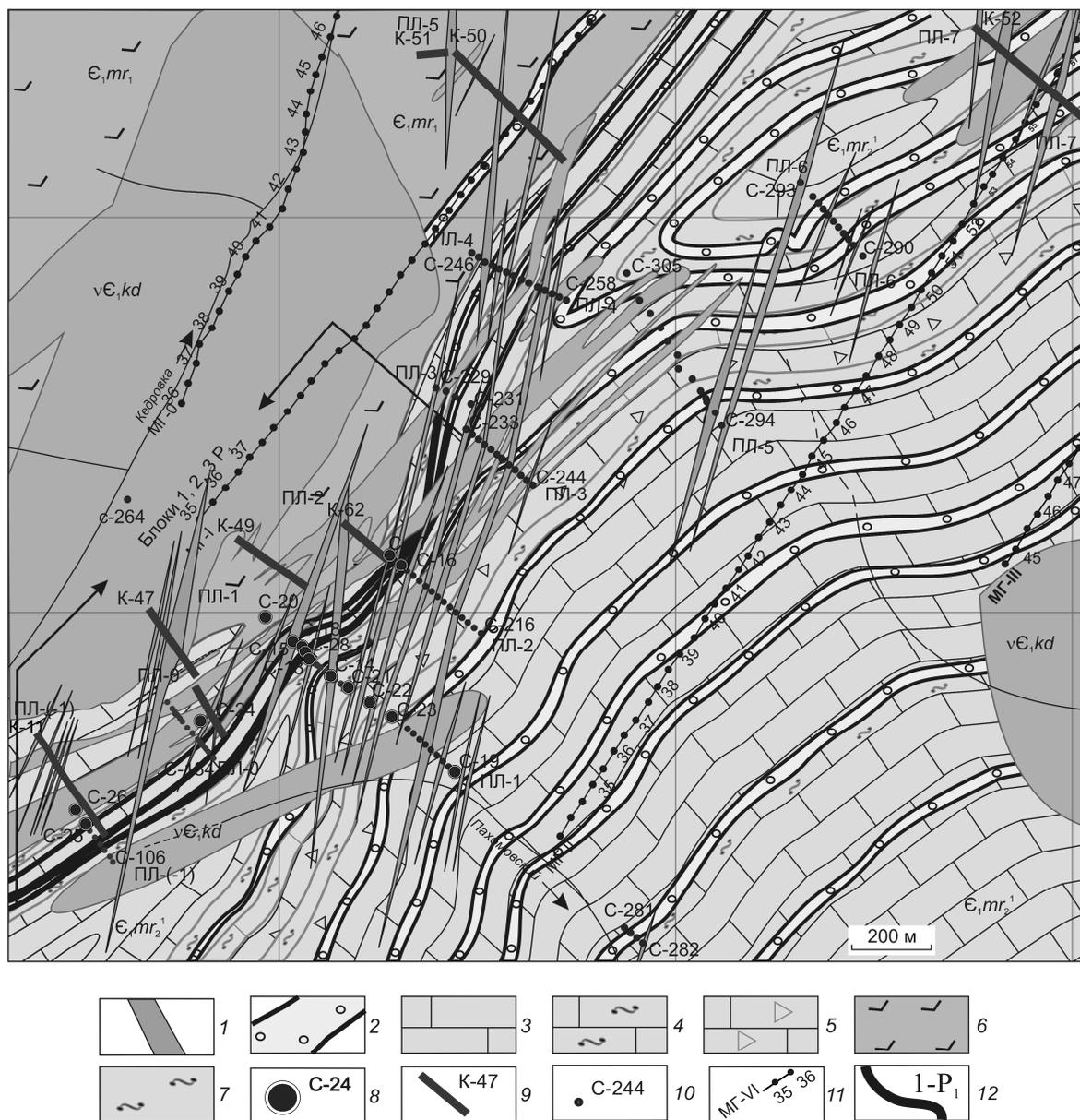


Рис. 3. Геолого-поисковый план участка Пахомовский, составлен с использованием материалов ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, 2011):

1 — послескладчатый дайковый комплекс (габбро-порфириды, габбро-долериты, габбро-диабазы); 2 — метасоматиты графит-хлорит-серицит-кварц-анкеритового состава по горизонтам терригенных пород, участками с золото-сульфидно-кварцевой прожилково-вкрапленной минерализацией; 3 — серые мраморизованные известняки, доломитизированные известняки, графитизированные известняки; 4 — тонкое чередование милонитизированных графитосодержащих сланцеватых алевролитистых мраморизованных известняков и хлорит-серицит-полевошпат-кварцевых сланцев по аргиллитам и алевролитистым аргиллитам; 5 — брекчированные известняки; 6 — андезибазальты, их туфы, хлоритовые сланцы, серицит-хлорит-полевошпат-кварцевые сланцы; 7 — эпидот-актинолит-хлоритовые сланцы, серицит-графит-кварцевые сланцы, хлорит-серицитовые графитосодержащие сланцы; 8 — скважины, их номера; 9 — каналы, их номера; 10 — мелкометражные поисковые скважины; 11 — элементы топографической сети литогеохимических поисков м-ба 1:10 000; 12 — рудное тело, номер геологического блока, категория ресурсов

но-кварцевой минерализацией в горизонтах граувяжковых песчаников и углеродистых известковых алевролитов, частично преобразованных в альбит-кварц-анкеритовые метасоматиты. К северо-запад-

ной из этих зон и были приурочены жилы Золотая и Комсомольская.

На юго-западном фланге жилы Комсомольская вскрыты мощные жилы кварца в альбит-кварц-ан-

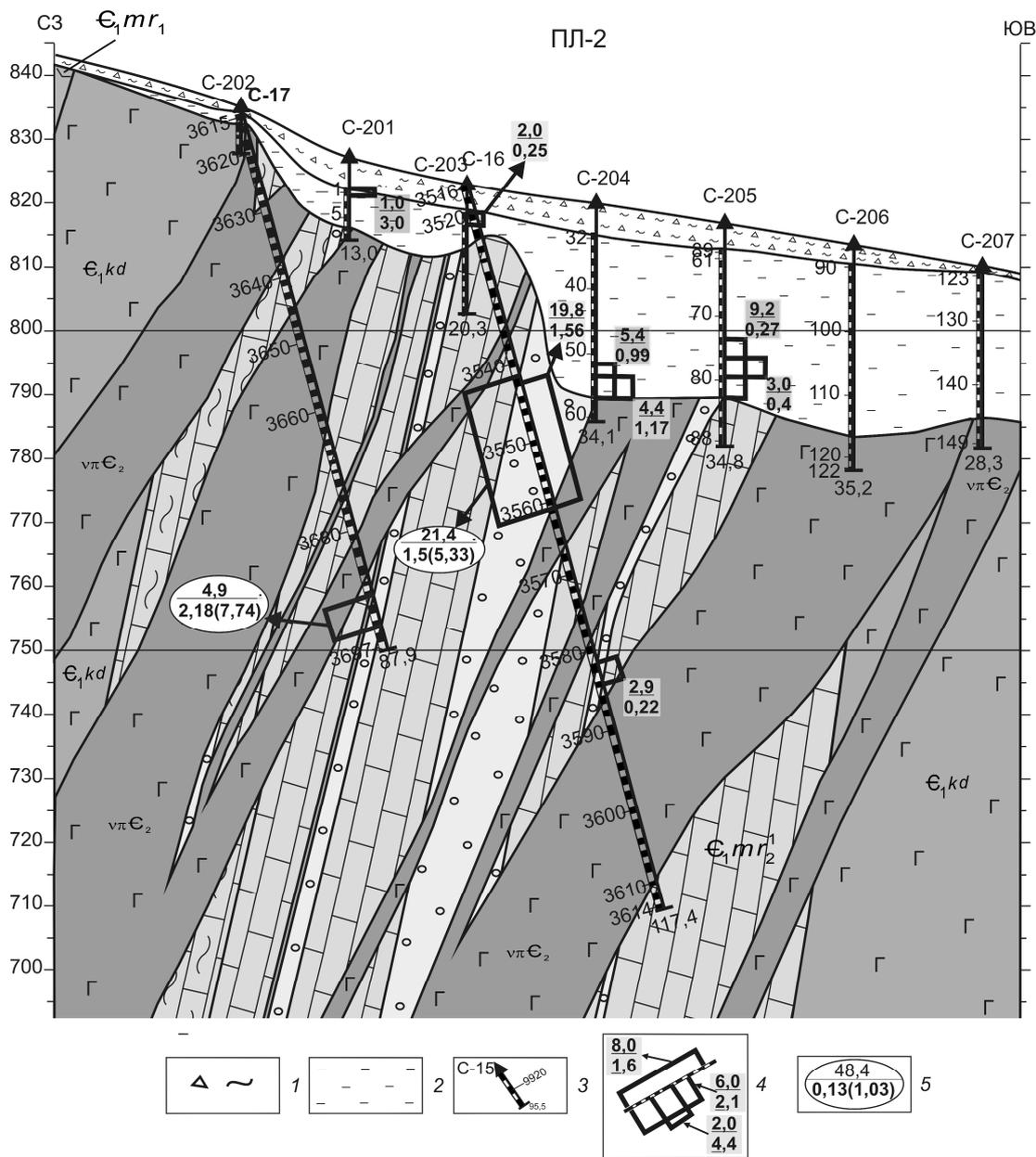


Рис. 4. Геологический разрез участка Пахомовский по поисковой линии-2, составлен с использованием материалов ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, 2011):

1 — элювиально-делювиальные отложения; 2 — структурная глинистая кора химического выветривания; 3 — поисковые скважины на разрезах, их номера, интервалы сплошного kernового опробования с номерами отдельных проб; 4 — параметры (числитель — мощность, м; знаменатель — среднее содержание Au, г/т) разведочных пересечений, оконтурированных по 0,2 г/т с детализацией по бортовым содержаниям 0,4 и 0,8 г/т; 5 — параметры золотоносных интервалов (числитель — мощность рудного интервала, м; знаменатель — среднее содержание по результатам рядового опробования, в скобках — близкое к истинному содержание Au с учетом K_d на достоверность рядового опробования); остальные усл. обозн. см. рис. 3

керитовых метасоматитах, а также прожилков кварца мощностью 5 см с гнездами видимого золота. В задирковой пробе из прожилка содержание Au достигло 113,6 г/т. По результатам бороздового опро-

бования золотоносных зон установлено 13 рудных пересечений мощностью от 1 до 12 м. Содержания Au в них варьировали от 0,2 до 35,15 г/т. Средняя мощность всей совокупности рудных пересечений

составила 4,8 м при средневзвешенном содержании Au 2,13 г/т.

Латеральная протяженность каждой из минерализованных зон, содержащих рудные пересечения, до сопряжения с золотоносными зонами участка Пахомовский Комсомольской площади составила по 2,4 км. Протяженность по падению по аналогии с месторождением-эталонем Федоровское 1 и участком Кедровский оценена в 200–300 м. По итогам поисковых работ на участке Золотой для двух минерализованных зон апробированы прогнозные ресурсы категории P_2 9 т золота. При расчетах применялся понижающий коэффициент ($K=0,73$) на поперечные дайки габброидов. Достоверность бороздового опробования рудных пересечений с крупным золотом заверочным опробованием не оценивалась.

Линейная продуктивность изученных зон до глубины 100 м на участке Золотой составила 1,88 т/км Au. Для части площади с прогнозируемой третьей минерализованной зоной, над которой расположена богатая россыпь золота р. Веселая и выявлены геохимические аномалии участка Веселый, с учетом установленной линейной продуктивности апробированы прогнозные ресурсы категории P_3 13 т золота.

Комсомольская площадь изучалась в 2008–2011 гг. поисковыми работами ООО «СибГео». Она включала золотоносные участки Пахомовский, Аномальный, Чашкатский, Асановский, Медвежий, разобщенные геологическими и горными отводами (см. рис. 1).

Участок Пахомовский примыкает к северо-восточному флангу участка Золотой, от которого прослеживается далее вдоль простирания флишевой пачки верхнемрасской подсвиты. Пачка включает несколько горизонтов граувакковых песчаников (рис. 3) с прослоями углеродистых алевролитов, известняков и силлами андезидацитов, в разной степени преобразованных в альбит-кварц-анкеритовые метасоматиты с прожилками кварца, вкрапленностью сульфидов и видимого золота.

Поисковыми работами ООО «СибГео» на юго-западной площади участка по трем поисковым линиям, пройденным с шагом 400 м, обнаружены промышленные пересечения в трех минерализованных зонах. Северо-восточнее по следующим четырем поисковым линиям, пройденным с тем же шагом, рудных пересечений с промышленными параметрами короткометражными скважинами и канавами не зафиксировано. Причина этого в широком развитии лакколитов, даек и силлов габброидов, среди многочисленных тел которых под мощным покровом рыхлых отложений поиски отрезков

стратоидных золотоносных минерализованных зон затруднены (рис. 4). По геологическому строению и условиям локализации рудных тел участок Пахомовский аналогичен Кедровскому и Золотому.

Обнаруженные минерализованные зоны имеют крутое ($50\text{--}70^\circ$) северо-западное падение. Рудные залежи прослеживаются по простиранию на 320–1100 м, по падению до глубины 250 м. Их видимая мощность по скважинам варьирует от 1,2 до 21,4 м (средняя 10,3 м). Средняя истинная мощность рудных пересечений 7,2 м. Среднее содержание Au, рассчитанное по пробирным анализам 68 керновых проб всех рудных пересечений, составило 1,82 г/т. По указанным параметрам были апробированы до средней глубины 175 м прогнозные ресурсы золота категории P_1 10 т.

Для уточнения оценки прогнозных ресурсов Пахомовского участка проведены заверочные работы. Из полных масс 68 керновых проб всех разведочных пересечений составлена ЛТП 2-Комсомол массой 218,5 кг. По балансу металла, извлеченного в продукты обогащения, оценено истинное содержание Au 6,38–6,46 г/т (см. таблицу). Рядовым керновым опробованием оно было занижено в 3,53 раза, достоверность которого составила 28%. Поэтому достоверная (с вероятностью 100%) оценка прогнозных ресурсов требует поправки средних содержаний Au в разведочных пересечениях коэффициентом коррекции ($K_d=3,53$).

В авторских прогнозных ресурсах категории P_1 35,3 т для рудных залежей Пахомовского участка учтена коррекция содержаний Au (с 1,82 до 6,42 г/т). В процессе их апробации ФГУП «ЦНИГРИ» рекомендовано воздержаться от использования K_d к фактическим средним содержаниям до утверждения в ФБУ ГКЗ методики их определения по групповым пробам.

Участок Аномальный расположен северо-восточнее участка Пахомовский. При заверке геохимической аномалии Au канавой в горизонте филлитизированных углеродистых известковых алевролитов флишевой рудоносной пачки ООО «СибГео» выявлена минерализованная зона мощностью 55,5 м. Зона опробована по полотну канавы двумя сопряженными рядами бороздовых проб (рис. 5). Среднее содержание Au по первому ряду бороздовых проб составило 0,39 г/т, по второму — 0,77 г/т (среднее по двум сопряженным рядам 0,58 г/т). В пределах разведочного пересечения по борту 0,4 и 0,8 г/т Au установлены два рудных интервала с содержаниями $>1,1$ г/т с суммарной мощностью 24,6 м. Коэффициент рудоносности равен 0,48.

По керну скв. 27 (диаметр керна 50 мм при бурении коронками диаметром 76 мм) среднее

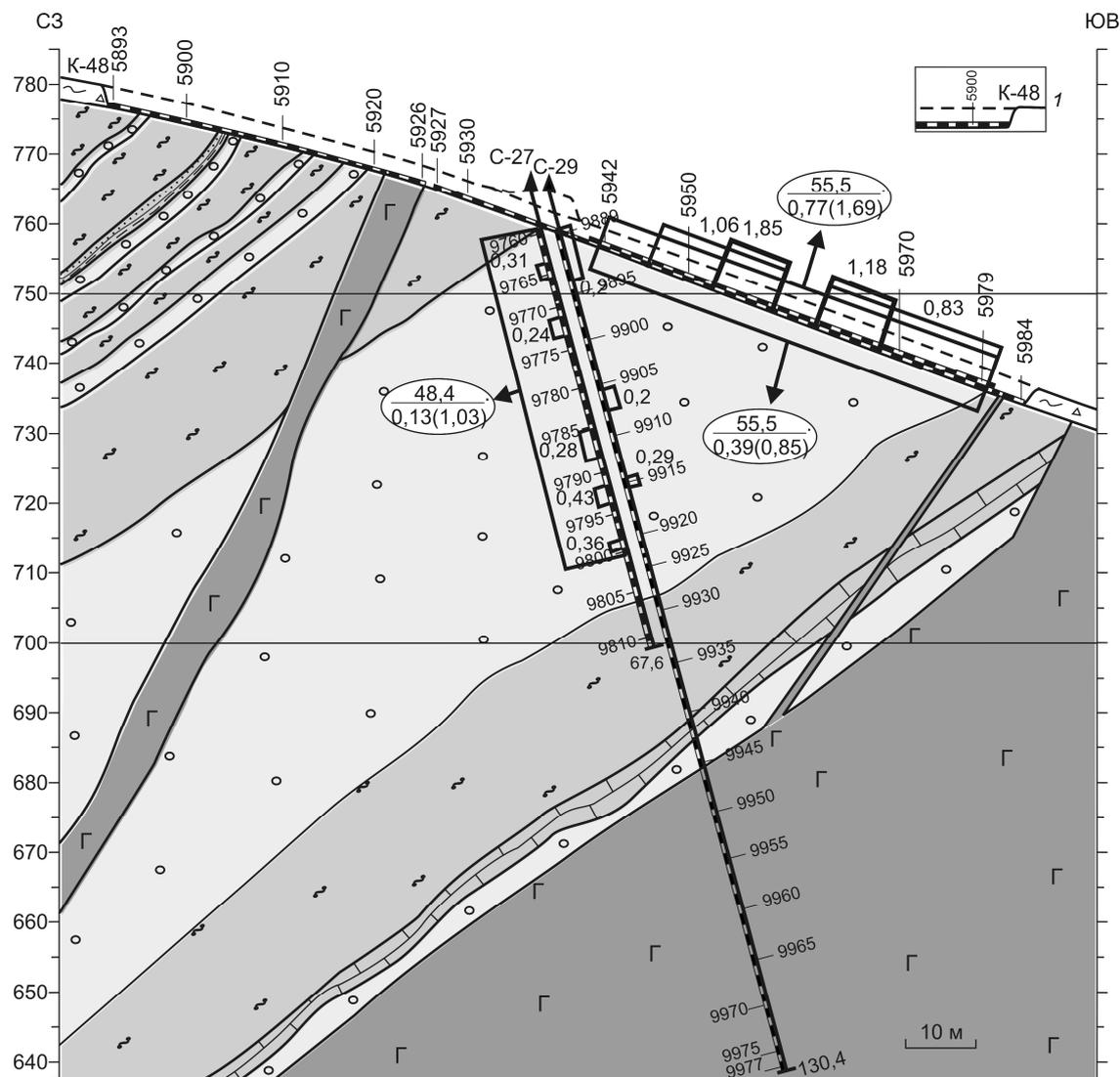


Рис. 5. Геологический разрез участка Аномальный, составлен с использованием материалов ООО «СибГео» (Е.А.Белоножко, А.М.Цепков, 2011):

I — поисковые каналы, их номера, ряды секционного бороздowego опробования с номерами проб; остальные усл. обозн. см. рис. 3, 4

содержание Au в минерализованной зоне составило 0,13 г/т (при колебаниях 0,03–0,75 г/т), по керну скв. 29 — 0,07 г/т (при колебаниях 0,03–0,29 г/т). В целях изучения технологических свойств и подтверждения возможного продолжения рудного тела от полотна канавы на глубину из керна скважин отобрана ЛТП 3-Комсомол (см. таблицу), состоящая из двух частей. Часть ЛТП 3-1-Комсомол включала 40 проб из керна скв. 27. По результатам пробирных анализов расчетное содержание Au в этой части ЛТП составило 0,13 г/т, а по методу полупромышленного гравитационного обогащения в ОАО «ТулНИГП» ее полной массы 160,66 кг истин-

ное содержание Au достигло 1,1 г/т. Рядовым кернавым опробованием оно было занижено в 8,4 раза. Вторая часть (ЛТП 3-2-Комсомол) включала 40 проб из керна скв. 29. Она предназначалась для оценки технологических свойств по методу чанового выщелачивания, имела расчетное содержание Au 0,07 г/т и массу 169,23 кг. Чановое выщелачивание проводилось без сорбента. При этом углеродистое вещество пробы образовывало над пульпой пленку, в которую сорбировалось все золото из цианистого раствора. Поскольку пленка была утрачена при последующих операциях обезвреживания, опыт признан неудачным.

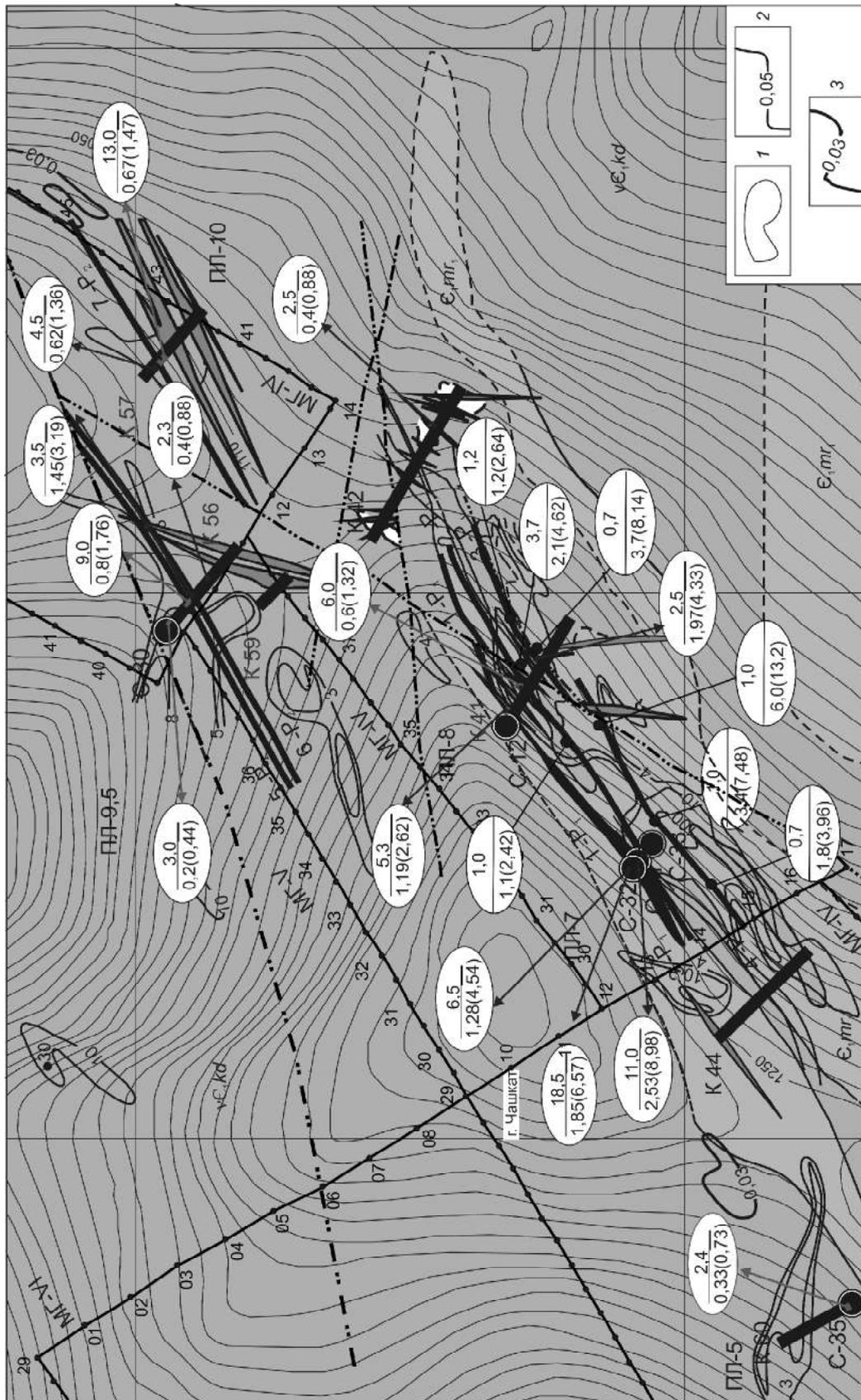


Рис. 6. Геолого-поисковый план участка Чашкатский, по материалам ООО «СибГео» (А.М.Целков, 2011):

1 — саланский комплекс (горнблендиты, пироксениты, серпентиниты); изоконцентраги содержаний по данным литогеохимической съемки м-ба 1:10 000, г/т (2 — Au, 3 — Ag); остальные усл. обозн. см. рис. 1, 3, 4

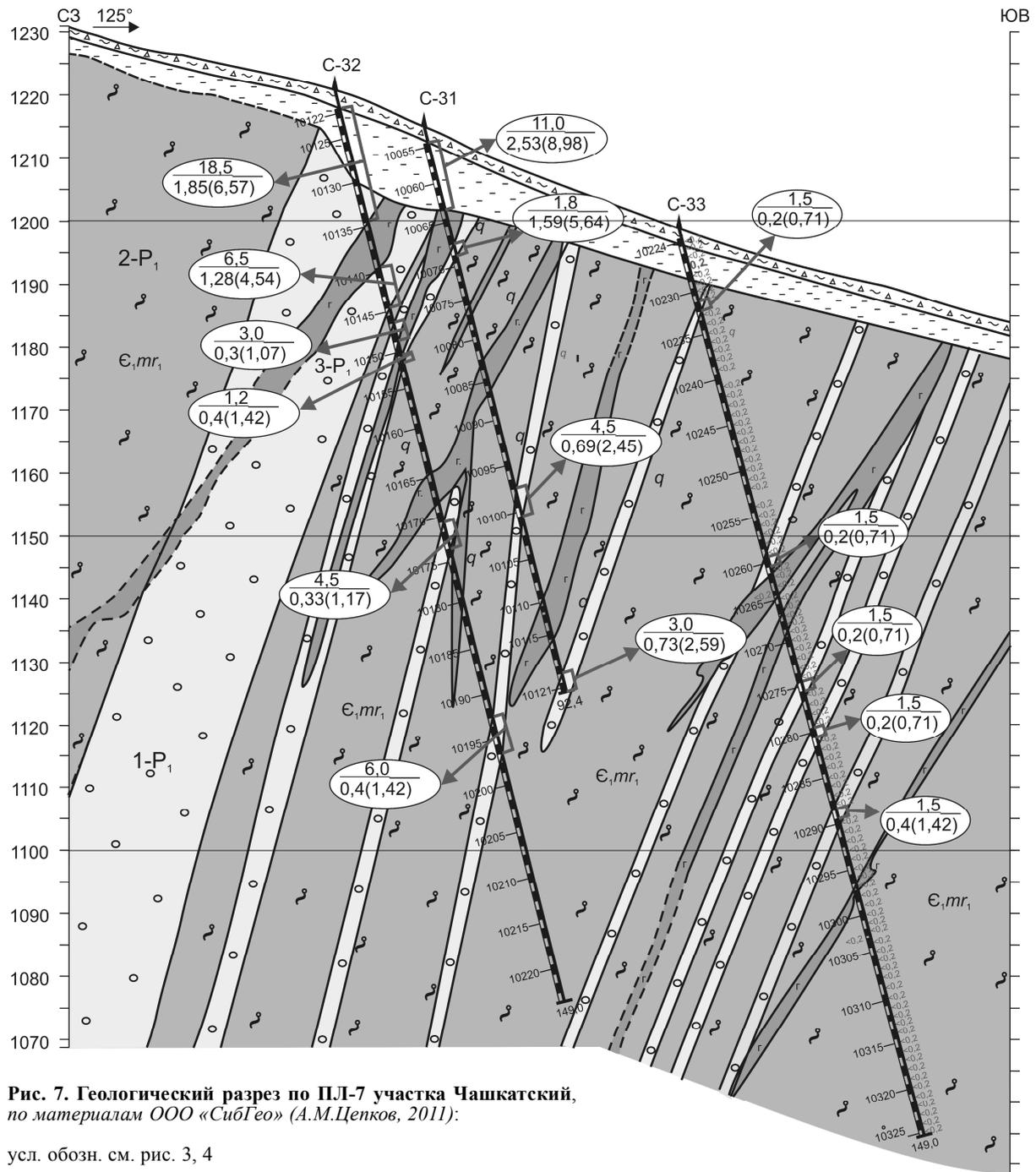


Рис. 7. Геологический разрез по ПЛ-7 участка Чашкатский, по материалам ООО «СибГео» (А.М.Цепков, 2011):

усл. обозн. см. рис. 3, 4

Для участка Аномальный апробированы прогнозные ресурсы категории P_2 8 т золота со средним содержанием Au 1,1 г/т для минерализованной зоны протяженностью 400 м, мощностью 50 м до глубины 200 м. При этом был использован коэффициент рудоносности ($K_p=0,48$), учитывающий наличие двух интервалов минерализованной зоны с содержаниями Au >1,1 г/т, разобленных менее золотоносными метасоматитами (см. рис. 5). По результа-

там заверочных работ автора, показавшим истинное содержание Au 1,1 г/т на всю мощность минерализованной зоны, утвержденные прогнозные ресурсы могут считаться заниженными почти в два раза относительно истинных (категория P_2 16 т).

Участок Чашкатский в отличие от охарактеризованных расположен в ядре Чашкатской антиклинали на водоразделе рек Кедровка и Магызы (см. рис. 1). Он сложен нижнекембрийскими породами

вулканогенной андезибазальтовой островодужной формации с элементами терригенной нижнемрасской подсвиты. Мощность отложений >1000 м.

При заверке геохимических аномалий Au на участке длиной 2 км и шириной 0,6 км ООО «СибГео» (А.М.Цепков, 2011) пройдено семь магистральных канав, вскрыты субпараллельные зоны интенсивного брекчирования и милонитизации мощностью до первых десятков метров (рис. 6, 7) среди сланцев, андезибазальтов, субвулканических габбро-диоритов. Брекчии, милониты и окружающие породы неравномерно окварцованы, серицитизированы, хлоритизированы, биотитизированы, эпидотизированы, карбонатизированы, оталькованы, пронизаны кварцевыми жилами и линейными штокверками прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд. Обнаруженные тела на глубину до 190 м прослежены пятью скважинами колонкового бурения.

По результатам пробирных анализов бороздовых и керновых проб выделены рудные пересечения истинной мощностью от 0,9 до 12,2 м (среднее 4,8 м) со средними содержаниями Au 1,44–3,73 г/т (среднее 2,06 г/т). Руды золото-кварцевые прожилково-вкрапленные и кварцево-жилные в метасоматитах по метапелитам и штокверковые в метасоматитах по габбро-диоритам и андезибазальтам.

Разведочные пересечения в центре участка увязаны в четыре рудных тела с крутым (70–80°) северо-западным падением и северо-восточным простиранием на 350–800 м. На северо-востоке участка единичные промышленные пересечения установлены еще в трех субпараллельных минерализованных зонах (линейных штокверках). Мощность пересечений варьирует от 3,5 до 4,5 м (средняя 4,2 м). Среднее содержание Au 1,0 г/т при вариациях от 0,66 до 1,45 г/т.

Аналогом рудопроявления Чашкатский по условиям локализации и составу руд могут служить промышленные месторождения Коммунарского рудного района, находящегося в 150 км севернее в этой же структурно-формационной зоне Кузнецкого Алатау. На месторождении Коммунар отработаны 41 штокверк (средние размеры по простиранию 60 м, по падению 40 м, по мощности 12 м), 16 даек габбро-диоритов на участках с густой сетью лестничных прожилков (средние размеры по простиранию 70 м, по падению 55 м, по мощности 8 м) и восемь жилообразных золото-кварцевых тел (средние размеры по простиранию 40 м, по падению 50 м, по мощности 1,4 м). Суммарная накопленная добыча Коммунарского (Богомдарованного) рудника с 1889 г. до 2013 г. составила 90 т (с учетом жил месторождения Знаменитый 5 т) рудного золота и 30 т россыпного. На государственном

балансе стоят запасы рудного золота категории C_1 4,15 т, C_2 3,76 т и числятся прогнозные ресурсы категории P_1 8 т. Добыча продолжается в настоящее время в объемах ~700 кг золота в год. Разрабатываются руды со средними содержаниями 1,5–2,5 г/т подземным и открытым способами. Подземные отработки выявленных на поверхности и «слепых» рудных тел проводились в диапазоне глубин 600 м.

Приведенные сведения по Коммунарскому рудному полю показывают вероятность обнаружения на Чашкатском участке аналогичного промышленного месторождения. За счет размыва островодужной системы с подобными объектами, возможно, происходило обогащение золотом главной рудоносной флишевой пачки Ортон-Балыксинского района, сформированной на ее склонах и террасах в прибрежно-морских условиях.

Для определения истинных содержаний Au в разведочных пересечениях трех рудных тел, вскрытых магистральной канавой 41, из полных масс 26 бороздовых проб составлена групповая проба ЛТП 1-Комсомол. По балансу металла в продуктах гравитационного обогащения полной массы (292,45 кг) этой пробы получено истинное содержание Au 1,70 г/т. Оно в 2,2 раза превышает среднее (0,78 г/т), рассчитанное по результатам бороздового опробования (см. таблицу). Достоверность определения истинного содержания Au рядовым бороздовым опробованием составила 45%.

Для оценки прогнозных ресурсов к средним содержаниям в разведочных пересечениях рекомендовано применять коэффициент коррекции ($K_d = 2,2$) на низкую (45%) достоверность рядового бороздового опробования. Для корректировки средних содержаний по керновому опробованию рекомендовался $K_d = 3,55$ по аналогии с участком Пахомовский. При подобной коррекции содержаний Au для четырех рудных залежей Чашкатского участка до средней глубины 75 м авторские прогнозные ресурсы категории P_1 составили 16,6 т Au при истинном среднем содержании 6,24 г/т. Для отрезков трех минерализованных зон северо-восточной части участка до средней глубины 48 м авторские прогнозные ресурсы категории P_2 — 3,2 т при близком к истинному содержанию Au 2,82 г/т.

В процессе апробации авторских прогнозных ресурсов исключены из расчетов экспериментально определенные коэффициенты коррекции на достоверность рядового опробования (K_d) до утверждения методики в ФБУ ГКЗ. В результате для участка Чашкатский утверждены прогнозные ресурсы категории P_1 5 т со средним содержанием 1,9 г/т и P_2 2 т со средним содержанием 1,0 г/т.

Балыксу-Изасская площадь (95 км²) занимает северную часть Ортон-Балыксинского золотоносного района (см. рис. 1). По состоянию на 01.01.2010 г. для нее апробированы прогнозные ресурсы категории Р₃ 100 т золота для прогнозируемых золоторудных объектов двух типов:

минерализованных зон со стратоидными залежами прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд, приуроченных к горизонтам березитизированных пород флишевой пачки мрасской свиты (аналог — месторождение Федоровское 1 Федоровско-Кедровского рудного поля);

минерализованных зон, штокверков и богатых (10–50 г/т) золото-сульфидно-кварцевых жил в Изасском массиве поздекембрийско-ордовикского габбро-диорит-плагиогранитного мартайгинского комплекса, жилообразных залежей богатых сульфидных и халькозин-гематитовых руд в карбонатных породах его рамы. Последние локализованы только на продолжениях выходов жил и линейных штокверков за пределы эндоконтакта гранитоидного массива (аналог — месторождение Константиновское Ольховско-Чибижекского рудного района). Золоторудные месторождения этого типа — ведущие по количеству добытого золота (250 т) в Алтае-Саянской металлогенической провинции. Они представлены промышленными объектами Мартайгинского и Центрального рудных районов Мартайгинско-Верхнелебедской металлогенической зоны Кузнецкого Алатау, в которую входит и Ортон-Балыксинский рудный район.

По поисковым критериям и признакам во флишевой пачке верхнемрасской подсвиты на Магызинском и Камзасском участках Балыксу-Изасской площади возможно выявление минерализованных зон со стратоидными залежами 1-го типа. Признаки наличия золоторудных зон 2-го типа в эндо- и экзоконтактах Изасского гранитоидного массива установлены на Медвежем, Крестьянском, Изасском и Назасском участках Балыксу-Изасской перспективной площади.

Участок Магызинский в северо-восточном направлении прослеживается на 11 км вдоль россыпи р. Магызы и ее правых притоков, из которой добыто 10,3 т золота. Россыпь содержала 65% самородков массой >30 г. Литохимическими поисками м-ба 1:10 000 выявлены аномалии Au, в должной мере не заверенные в конце прошлого века. Для первоочередной заверки представляет интерес группа сближенных вторичных ореолов рассеяния Au, имеющая в плане вид изогнутой полосы размером 0,5×2 км по изоконцентрате 0,01 г/т Au. Содержание металла в эпицентрах ореолов достигает 0,08 г/т. Имеются находки обломков кварца с содержанием Au до 10 г/т.

На участке откартированы многочисленные фрагменты стратоидных минерализованных зон (см. рис. 1), аналогичных таковым Федоровско-Кедровского рудного поля. Степень изученности позволяет приступить к заверке аномалий участка поверхностными горными выработками по ряду поисковых линий с шагом 320–400 м. Для получения полной картины о коренной золотоносности необходимо бурение скважин глубиной 150–300 м для пересечения минерализованных зон под выветрелыми на первые десятки метров породами в плотике богатой россыпи.

Участок Камзасский примыкает с юго-запада к Магызинскому и идентичен ему по геологическому строению. На его территории обрабатывались небольшие россыпи золота. Геохимические работы предшественниками не проводилось. По геологическим маршрутам в замковой части Магызинской синклинали на территории участка откартированы фрагменты стратоидных минерализованных зон, аналогичных таковым на Магызинском участке. Проектируется проведение геохимических работ по вторичным ореолам рассеяния м-ба 1:10 000 на площади 10 км² с последующими заверочными работами.

Участок Медвежий характеризуется развитием интенсивных вторичных ореолов рассеяния Au, установленных ООО «СибГео» в 2011 г. при лито-геохимических поисках м-ба 1:10 000 в области южного контакта Изасского гранитоидного массива с карбонатными породами. Заверка отдельных аномалий несколькими канавами показала наличие редкой сети различно ориентированных золотоносных кварцевых прожилков в интрузивном массиве и прожилково-вкрапленного золото-сульфидного оруденения в карбонатных породах.

По полученным рудным пересечениям апробированы прогнозные ресурсы золота категории Р₂ 3 т при среднем содержании 1,9 г/т. Однако при малом количестве поверхностных горных выработок и достоверно не определенном контуре массива прослеживание жил из гранитоидного массива в карбонатные породы не проводилось. На участке проектируются геофизические работы м-ба 1:10 000 для оконтуривания интрузивного массива и картирования золото-сульфидно-кварцевых жил и зон сульфидной минерализации в интрузивных и карбонатных породах для последующей заверки.

Участок Крестьянский в эндоконтакте Изасского гранитоидного массива выделен по потокам рассеяния Au с содержаниями 0,01–0,03–0,08 г/т при ГДП-50 (Ю.В.Беспалов, 1995). По отдельным водотокам получены единичные аномальные содержания Au 0,02–0,05–0,8 г/т и шлиховые ореолы, в которых

количество золота достигало десяти знаков. На участке известны промышленные россыпи золота по р. Крестьянка и руч. Мягкий. Проектируются лито-геохимические работы по вторичным ореолам рассеяния и геофизические м-ба 1:10 000 на площади 20 км² с последующей заверкой комплексных аномалий в гранитоидном массиве, карбонатных породах его кровли и восточного экзоконтакта.

Участок Изасский расположен в области северного контакта Изасского гранитоидного массива, где по дренирующей массив р. Изас с притоками известны промышленные россыпи золота. Проектируются литогеохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния и геофизические работы м-ба 1:10 000 на площади 10 км² в гранитном массиве и карбонатных породах его северного экзоконтакта.

Участок Назасский характеризуется наличием аномалий Au во вторичных ореолах рассеяния. Для поисков предположительно скарнового типа оруденения отдельные аномалии в процессе ГДП-50 (Ю.В.Беспалов, 1995) заверены несколькими канавами ручной проходки, ориентированными поперек интрузивного контакта. Канавы вскрыли в известняках зоны сульфидной минерализации с содержаниями Au 1–2 г/т. Для заверки известных аномалий необходимо развернуть ориентировку поисковой сети на 90° и пройти канавы параллельно интрузивному контакту для поисков богатых жил, простирающихся из гранитоидов в карбонатные породы.

Целевое назначение проектируемых поисковых работ на Балыксу-Изасской площади — выявление минерализованных зон и стратоидных залежей прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд во флишевой толще, штокверков, богатых жил и жилообразных залежей в Изасском гранитоидном массиве, карбонатных породах его рамы и кровли с оценкой прогнозных ресурсов категории P₁ 40 т и P₂ 40 т золота.

Поскольку гранулометрический состав золота в россыпях Балыксу-Изасской площади (класс +2,5 мм составляет от 35 до 78%) обуславливает невысокую достоверность рядового опробования, для эффективных поисков потребуется применение технологических исследований групповых проб по каждому из шести золотоносных участков с определением истинных содержаний Au в разведочных пересечениях.

Перспективы освоения золоторудных объектов Ортон-Балыксинского района определяются его апробированными прогнозными ресурсами. Для охарактеризованных участков и площадей, расположенных на территории Республики Хакасия в Государственном кадастре числятся прогнозные ресурсы категории P₁ 15, P₂ 94, P₃ 213 т, для смеж-

ной территории в Кемеровской области — P₂ 56, P₃ 100 т.

Локализованные прогнозные ресурсы Ортон-Балыксинского рудного района, расположенного в благоприятной экономической обстановке, могут быть положены в основу разработки крупного инвестиционного проекта. Через пос. Балыксу проходит действующая электрифицированная железная дорога Абакан – Новокузнецк. В непосредственной близости разрабатываются железорудные скарновые месторождения. Имеются квалифицированные кадры для производства горных работ как на территории Кузбасса, так и Республики Хакасия.

Однако у инвесторов всегда вызывают опасения результаты рядового опробования объектов с гнездовым распределением золота. На фоне убогих содержаний Au по разведочным пересечениям обычно отмечаются лишь единичные пробы с высокими содержаниями. Методика оценки истинных содержаний в таких разведочных пересечениях требует усовершенствования.

Совершенствование методики оценки истинных содержаний базируется на определении поправочных коэффициентов к содержаниям Au, полученным по результатам рядового опробования.

Стандартная методика, включающая дробление материала рядовой пробы до класса -1 мм, перемешивание и отбор из него части массой ~1 кг, измельчение этой части до -200 меш, отбор из нее двух усредненных навесок (по 50 г каждая) и выполнение по ним пробирного анализа [10], не позволяет оценить истинное содержание Au в рудах с крупными выделениями самородного золота. Частицы золота вследствие ковкости не подвергаются должному измельчению, а высокая удельная масса препятствует их равномерному распределению в перемешанном материале проб [3]. Попадание крупных частиц металла в навески 50 г для пробирного анализа маловероятно, что приводит к систематическому занижению содержаний Au. Все это при крупном золоте приводит к разнобою в парах пробирных анализов и необходимости производства значительных объемов внутреннего контроля.

Согласно методическим рекомендациям [11], данные пробирных анализов по классам содержаний основной лаборатории заверяются контрольными анализами внешней лаборатории. В случае расхождения результатов анализов основной и контрольной лабораторий выше допустимых пределов выполняются арбитражные анализы. По их результатам оцениваются систематические ошибки, которые учитываются коэффициентами коррекции к рядовым содержаниям при подсчете запасов.

В итоге при опробовании по стандартной методике одни пробирные анализы заверяются другими. Определение содержаний Au любым из всех этих анализов не может быть неверным при соблюдении отраслевых стандартов (ОСТ 41-08-272-04) сертифицированными лабораториями, поскольку содержание определяется массой корточек выплавленного золота. Получаемые значения отражают лишь крайне неравномерное распределение самородного золота различной гранулометрической крупности в навесках исходных проб.

Методика предварительного концентрирования металла из полной массы каждой рядовой пробы разработана М.Н.Савостиным, В.А.Саклаковым, В.А.Захваткиным в Тульском филиале ЦНИГРИ в 1975–1981 гг. [2]. Ее использование подразумевает обработку проб с производством гравитационного обогащения. Гравиоконцентрат либо полностью идет на пробирную плавку, либо крупное золото из него перед пробирным анализом извлекается, взвешивается и учитывается. Из хвостов гравитации отбираются усредненные навески, по которым выполняются пробирные анализы. Результаты всех анализов используются при определении суммарного балансового или истинного содержания Au.

Авторы рассчитывали за счет золота класса 0,22–3,5 мм поднять среднее содержание Au на 20–30% для руд с граничными экономическими показателями и сгладить разноразмерность в параллельных навесках пробирного анализа. Указанные проблемные задачи в полной мере успешно решались и легитимно решаются по этой методике.

Методика предварительного концентрирования металла из части материала каждой рядовой пробы является модификацией предыдущей и широко используется А.И.Романчуком с соавторами [13] и многими другими исследователями для руд с размером частиц золота до 2 мм. Соответственно размеру золота по известной формуле Ричардса-Чечетта определена в качестве оптимальной для обогащения навеска пробы массой ~4 кг. Обогащение более крупных масс единичных проб считается не рациональным. Для целей опробования изобретен прецессионный центробежный концентратор «Бегущая волна». Для дробления, сокращения, измельчения и отбора навесок проб используются механизированные пробоподготовительные комплексы ROCKLABS большой производительности, малооперационные, легкодоступные для очистки. Методика, разработанная под руководством А.И.Романчука, дважды апробирована в ФБУ ГКЗ при подсчете запасов месторождений Наталкинское и Дегдекан. В ряде работ указанных исследователей

показано уменьшение коэффициентов вариации и доверительных интервалов к средним содержаниям Au по сравнению с пробирными анализами по различным выборкам проб.

Модификации метода предварительного концентрирования золота из неполных масс рядовых проб признаны легитимными для введения коэффициентов коррекции к содержаниям, полученным пробирными анализами для ряда подсчетных блоков крупнообъемных месторождений [4]. Так, при доразведке Наталкинского месторождения для открытой добычи руды ГКЗ утверждены запасы в 1800 т Au. Из них 200 т рассчитаны с применением коэффициента коррекции на достоверность рядового опробования ($K_d=1,13$), полученного по навескам дубликатов рядовых проб (0,5 кг), оставшихся после проведения пробирных анализов. В работе [12] при расчете истинных содержаний Au в рудах участка Верный Дегдеканского рудного поля для разных классов содержаний Au (г/т) установлены следующие поправочные коэффициенты коррекции: <0,1 — 10; 0,1–0,5 — 3; 0,5–1,0 — 3; >1,0 — 1,3. Усредненный поправочный коэффициент $K_d=3$ предложено использовать для предварительного оконтуривания рудных тел этого участка по откорректированным бортовым содержаниям, а для расчета истинных содержаний в оконтуренных рудных телах — средний $K_d=1,3$. Легитимного применения указанных коэффициентов не последовало.

Обзор зарубежных источников [14, 15] показывает, что учет влияния «эффекта самородков» осуществляется сравнением содержаний в половинках керна, керна разных диаметров, а также содержаний по пробирным анализам с содержаниями по гравитационному обогащению или цианированию половинных или полных масс проб. Массы анализируемых проб определяются по различным формулам в соответствии с крупностью частиц золота. Результаты исследований обрабатываются с применением методов математической статистики для оценки средних содержаний и доверительных интервалов к ним. Устанавливаются математические зависимости между средними и истинными содержаниями Au, как правило, иллюстрированные диаграммами и формулами. Как видим, зарубежные исследователи идут по тому же пути, что и российские коллеги.

Несмотря на огромные трудозатраты по обработке многих тысяч проб, в том числе законтурных, легитимная методика предварительного гравитационного концентрирования металла из единичных проб или из их частей не позволяет приблизиться к оценке истинных содержаний Au в рудных телах. Ее применение приводит к выделению убогих,

рядовых и «ураганных» проб. Пробы с видимым золотом, несомненно, будут отнесены преимущественно к «ураганным», а следовательно, подвергнуты искусственному ограничению по известным формулам И.Д.Когана или П.Л.Каллистова [5].

Так как ураганные значения ограничивают и при рядовом опробовании, то расчетные средние содержания в рудных телах будут почти одинаковыми при применении метода предварительного концентрирования металла и при использовании результатов пробирных анализов по навескам 50 г исходных проб [13]. Повышающие коэффициенты не будут превышать 10–30% и могут быть компенсированы пределами доверительных интервалов к средним содержаниям. Сомнительно утверждение о снижении коэффициентов вариации содержаний в выборках проб без использования ограничения ураганных значений в отдельных пробах.

Способ определения среднего содержания золота в рудных телах, на который автор с коллегами получили патент на изобретение RU № 2383889 в марте 2010 г. [9], решает основную проблему опробования — определение истинного содержания Au в геологических блоках запасов, рудных телах, разведочных пересечениях минерализованных зон или их совокупностях для достоверного подсчета запасов и оценки прогнозных ресурсов. По этому способу истинные содержания Au также определяются по балансу золота, извлеченного в продукты гравитационного обогащения. В отличие от предыдущих методов для этого используются не единичные рядовые пробы или их части, а групповые пробы, составленные из полных масс всех рядовых проб, характеризующих геологический блок запасов, рудное тело, разведочное пересечение минерализованной зоны или всю их совокупность. Предварительное оконтуривание рудных тел при этом производится по данным пробирных анализов рядовых проб по общепринятой методике [10].

Масса групповой пробы (150–300 кг и более) включает полные массы >30 керновых или бороздовых рядовых проб и статистически достоверно характеризует рудное тело или блок запасов в целом. Она представительна для частиц золота любой крупности.

Балансовое содержание Au, извлеченного в продукты гравитационного обогащения из совокупностей полных масс рядовых проб, устраняет необходимость каким-либо другим способом учитывать единичные ураганные значения и гнезда золота в перемешанных рудах групповой пробы. Понятие «ураганная проба» уходит в прошлое. Необходимость ограничения таких проб весьма сомнительна для золоторудных объектов, поскольку в мелких гнездах и

бонанцах, занимающих до 5% крупнообъемных рудных тел, сосредоточена преобладающая часть (99%) запасов золота, как это установлено исследованиями автора на месторождении Федоровское 1 [6].

Охарактеризованным способом решается основная проблема опробования — определение средних содержаний Au в рудных телах, а не уточнение содержаний в рядовых единичных пробах. Его преимущество заключается в возможности обработки групповой пробы, отражающей усредненный для рудного тела состав, в течение 1–2 суток на полупромышленной гравитационной установке с одновременным изучением технологических свойств руды. При этом в тысячи раз сокращается количество анализов, предусмотренных методиками обогащения единичных проб, в том числе большого числа законтурных.

Ограничительными пересчетами «ураганных» значений ранее искусственно удалялись самородки, гнезда и бонанцы золота и оставлялась лишь убого-золотоносная матрица с содержаниями Au, часто не достигающими минимальных промышленных значений. Все это приводило к искажению геолого-экономической значимости и исключению многих перспективных объектов с видимым золотом из активной сферы геологоразведочных работ.

В перемешанных рудах групповых проб в полной мере учитывается не только «эффект самородков», но и влияние включений «некондиционных» руд и пустых пород как естественных элементов крупнообъемных рудных тел.

При определении истинного содержания Au в рудном теле достигается близкая к 100% достоверность, поскольку обогащается полная масса всей совокупности бороздовых или керновых проб, характеризующих рудное тело. Других проб на данной стадии геологоразведочных работ просто не существует. Точнее определить содержание Au, чем по балансу его в продуктах обогащения всей совокупности масс рядовых проб, также не представляется возможным.

Погрешность определения содержания Au по групповой пробе не превышает 10%, поскольку в нее не входят навески для анализов массой ~1 кг от каждой рядовой бороздовой пробы [6, 8], отбор которых предусмотрен стандартной методикой разведки. Для керновых проб в зависимости от диаметра колонкового бурения погрешность может быть ниже или выше. Если дополнительно извлечь золото из совокупностей навесок, оставшихся после производства пробирных анализов, то погрешность опробования может быть сведена к нулю.

Достоверность (вероятность определения истинного содержания Au) рядового опробования оп-

ределяется экспериментально по соотношению средневзвешенного содержания в групповой пробе (C_{cp}), рассчитанного по данным пробирных анализов включенных в нее рядовых проб, и истинного балансового содержания ($C_{ист}$) Au, извлеченного в продукты обогащения из совокупной массы этих проб.

Балансовое содержание Au для рудных блоков месторождения Федоровское 1 определялось в процессе гравитационного обогащения полных масс групповых (технологических) проб на полупромышленных установках ОАО «КЕМО» и ЗИФ Коммунарского рудника [6]. Групповые пробы других объектов Ортон-Балыксинского района Кузнецкого Алатау, ряда золотоносных узлов Горной Шории и Западных Саян исследовались на полупромышленной установке ОАО «ТулНИГП» [8]. Руда крупностью -1–2 мм из бункера через дозатор подается в мельницу для измельчения. Производительность по руде составляет 50–60 кг/ч.

Слив мельницы поступает на отсадочную машину с получением концентрата и хвостов отсадки. Хвосты отсадки направляются в спиральный классификатор. Пески классификатора (+0,2 мм) возвращаются шнековым питателем в мельницу, а слив 1 крупностью -0,2 мм (70–75% класс -0,074 мм) идет на обогащение в короткоконусный гидроциклон (ККГЦ). Концентрат ККГЦ поступает на концентрационный стол с получением трех конечных продуктов: золотой «головки» 1, концентрата гравитации 1 и хвостов гравитации (стола) 1. Промпродукт стола возвращается шламовым насосом в классификатор.

Из золотой «головки» 1 отмывается шлик, из которого под биноклем выделяется самородное золото крупностью +0,14 мм. После отбора золота шлик возвращается в исходный продукт. От слива 1 ККГЦ и хвостов стола 1 отбираются по 3 л пульпы через каждые 30 мин для составления средних проб, остальные продукты (концентрат 1 и золотая «головка» 1) целиком сушатся и взвешиваются. После сгущения в емкостях определяются объемы и плотности пульпы хвостов и сливов и рассчитываются их массы.

Концентрат отсадки перечищается на концентрационном столе 2. В результате получают продукты: золотая «головка» 2, концентрат гравитации (стола) 2, хвосты 2. Промпродукт 2 возвращается в классификатор. Слив ККГЦ (слив 2) сгущается, сушится и анализируется на золото. Из шлика золотой «головки» 2 и концентрата 2 также отбирается самородное золото крупностью >0,14 мм, а остатки шликоты возвращаются в исходные концентраты.

По завершении испытаний проводится зачистка классификатора, мельницы, отсадочной машины

и другого оборудования. Полученный материал перечищается на концентрационном столе 3 с получением золотой «головки» 3, концентрата гравитации 3, промпродукта 3, хвостов 3. Из золотой «головки» 3 и концентрата гравитации 3 также выделяется самородное золото. В каждом из концентратов определяется его гранулометрический состав. Средняя проба лигатурного золота оценивается по микросондовым определениям >50 зерен. Охарактеризованная развернутая схема гравитационного обогащения позволяет добиться извлечения >50–65% золота в кондиционные концентраты и получить отвальные хвосты в отличие от упрощенной схемы, применяемой при предварительном концентрировании золота, по которой извлечение металла редко превышает первые десятки процентов. Минусом является трудоемкость зачистки оборудования после проведения испытаний групповой пробы.

Содержания Au в продуктах обогащения определяются по двум усредненным 50-граммовым навескам пробирными анализами и заверяются данными цианирования более представительных 400-граммовых навесок. По результатам анализов продуктов обогащения с учетом массы выделенного лигатурного золота и его средней пробы рассчитывается балансовое или истинное содержание Au ($C_{ист}$) в групповой пробе. Принимаются среднее значение и доверительный интервал к нему в пределах диапазона результатов, оцененных по данным пробирных анализов и заверочного цианирования продуктов обогащения.

Для объектов Ортон-Балыксинского рудного района достоверность рядового опробования ($D = C_{cp}/C_{ист} \cdot 100\%$) колебалась в пределах от 18 до 66% при бороздовом и от 11 до 29% при керновом опробовании (диаметр керна 50 мм) в зависимости от богатства руд (см. таблицу).

Для оценки истинных содержаний Au по данному способу рекомендуется использовать величину, обратную достоверности, — коэффициент коррекции на достоверность рядового опробования ($K_d = C_{ист}/C_{cp}$). Пределы колебаний K_d полученного экспериментальным путем по изученным рудным телам Ортон-Балыксинского золотоносного района, изменяются в широких пределах в зависимости от богатства руд (см. таблицу). Составленные ранее [8, 9] для наглядности табличных данных диаграммы свидетельствовали о возрастании K_d и $C_{ист}$ в зависимости от увеличения C_{cp} в направлении от рядовых к богатым рудам. С повышением C_{cp} от 0,58 до 17,4 г/т K_d возрастали от 1,57 до 5,57.

К настоящему времени диаграммы пополнены значениями в диапазоне низких содержаний

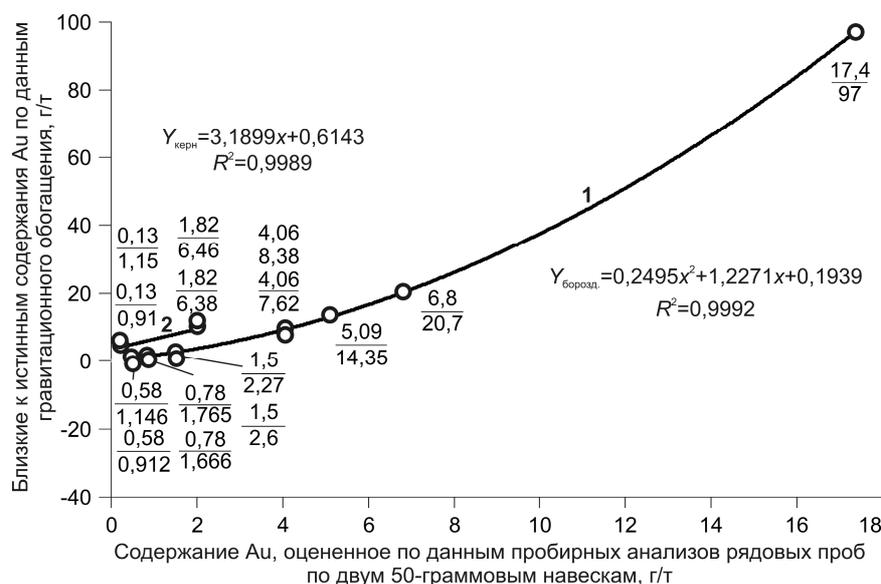


Рис. 8. Диаграммы зависимости истинных содержаний ($C_{ист}$) Au от средних содержаний ($C_{ср}$), установленных по результатам рядового опробования золоторудных объектов Ортон-Балыксинского района:

1 — по бороздовому опробованию; 2 — по керновому опробованию

Au (рис. 8, 9). Обнаружена новая тенденция к возрастанию K_d в 7–9 раз с уменьшением $C_{ср}$ в диапазоне от 0,58 до 0,13 г/т. Это показывает, что в качестве бортовых содержаний для оконтуривания крупнообъемных рудных тел могут использоваться крайне низкие значения, которые фиксируются рядовыми пробирными анализами с атомно-абсорбционным окончанием [12].

Уточненные диаграммы описываются формулами параболической зависимости, позволяющими рассчитывать соответствующие $K_d = 0,0064C_{ср}^2 + 0,1100C_{ср} + 1,7418$ и $C_{ист} = 0,2495C_{ср}^2 + 1,2271C_{ср} + 0,1939$ по значениям $C_{ср}$ для заданной 100%-ной достоверности бороздового опробования при высоких коэффициентах аппроксимации ($R^2 = 0,9259$ для K_d и $R^2 = 0,9992$ для $C_{ист}$).

Аналогичные диаграммы зависимости $C_{ист}$ и K_d от $C_{ср}$, построенные по керновому опробованию (см. рис. 8, 9), вследствие недостаточности данных пока описываются линейными зависимостями, отрезки которых не противоречат тенденции к изменению $C_{ист}$ и K_d от $C_{ср}$ на соответствующих отрезках более общей диаграммы квадратичной зависимости. Установлено, что K_d и $C_{ист}$, определенные по керну с меньшим в 2,5 раза поперечным сечением относительно бороздовых проб, превы-

шают аналогичные показатели по бороздовому опробованию (см. рис. 8, 9). Неслучайно керновое опробование считается менее представительным, чем бороздовое.

Для уточнения диаграмм и формул автором продолжают исследования групповых проб на классах рядовых и низких содержаний. Использование диаграмм и формул дает инструмент для оперативного определения ожидаемых истинных содержаний Au в разведочных пересечениях при оценке прогнозных ресурсов на стадии поисковых работ.

Авторские прогнозные ресурсы категории P_1-P_3 для золотоносных объектов Ортон-Балыксинского района

повышают его привлекательность в плане создания крупного инвестиционного проекта для развития геологоразведочных работ и золотодобывающей промышленности в экономически благоприятных условиях Алтае-Саянской провинции.

Поскольку методика проведения геологоразведочных работ на объектах с крупным золотом отличается от стандартной, то и способ определения среднего содержания золота в рудных телах следует узаконить для легитимного применения недорпользователями.

Из приведенных материалов можно сделать следующие выводы:

в Ортон-Балыксинском золотоносном районе обнаружены крупнообъемные стратоидные залежи прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд в горизонтах березитизированных пород мрасской свиты. Определенные перспективы связаны также со штокверковыми рудопроявлениями золота в субвулканических телах габбро-диоритов этой же свиты и жилообразными телами богатых руд в эндоконтактах гранитоидного массива и карбонатных породах рамы;

главная особенность выявленных рудопроявлений — бананцевое и гнездовое распределение крупного золота в рудах. Усреднением проб из бананцев и гнезд золота с пробами из бедных руд в

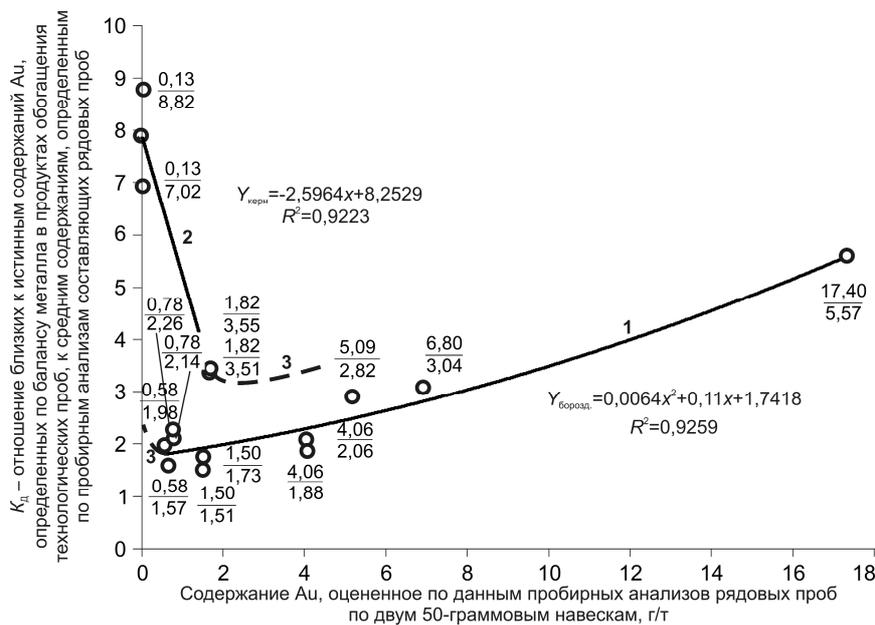


Рис. 9. Диаграммы зависимости коэффициента коррекции (K_д) на достоверность рядового опробования от средних содержаний (C_{сп}) для объектов Ортон-Балыксинского района:

3 — ожидаемые показатели по выявленной тенденции; остальные усл. обозн см. рис. 8

валовых пробах автором получены промышленные содержания в контурах геологических границ крупнообъемных страгоидных залежей;

путем заверочного крупнообъемного и валового опробования на месторождении Федоровское 1 автором установлено занижение истинных содержаний Au при бороздовом опробовании в 2,8–5,6 раза в зависимости от богатства руд. Для решения задачи повышения достоверности опробования предложен новый способ определения среднего содержания золота в рудных телах по групповым пробам;

для оценки близких к истинным содержаний применяется обратная достоверности величина — коэффициент коррекции на достоверность рядового опробования (K_д). Обнаружена тенденция к возрастанию K_д в 7–9 раз в диапазоне низких содержаний Au от 0,58 до 0,13 г/т. Поэтому в качестве бортовых содержаний для оконтуривания крупнообъемных рудных тел могут использоваться крайне низкие значения;

установлено, что истинные содержания Au занижаются в большей степени при kernовом опробовании, поскольку поперечные сечения kernовых проб были в 2,5 раза меньше, чем бороздовых;

использование диаграмм и формул дает инструмент для оперативного определения ожидаемых близких истинным содержаний Au в разведоч-

ных пересечениях при оценке прогнозных ресурсов категории P₂ методом аналогии на стадии поисковых работ, когда проведение технологических исследований не регламентировано;

легитимное использование разработанного способа определения истинных содержаний Au в рудных телах позволит переоценить многие объекты России;

для уточнения инвестиционной привлекательности проектов освоения участков Ортон-Балыксинского района, расположенных на территории Республики Хакасия, сопоставлены оцененные по истинному содержанию и апробированные прогноз-ные ресурсы по данным рядового опробования;

аналогичные исследования на других объектах Алтае-Саянской провинции показали занижение содержаний Au в 1,2–2 раза. Следовательно, в каждом конкретном рудном районе требуется проведение полного комплекса работ по оценке истинных содержаний Au в минерализованных зонах и рудных телах для уточнения индивидуальных особенностей объектов.

Автор выражает искреннюю благодарность А.И.Романчуку с коллегами, ученому секретарю ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем» А.Г.Горелову, руководству и сотрудникам ОАО «ТулНИИП», обеспечившим качественные технологические исследования во главе с М.Н.Сычевой, руководителю «Хакасионедра» В.В.Кяргину, начальнику производственного отдела А.А.Булатову, генеральному директору ООО «СибГео» В.К.Кондрину, главным геологам Е.А.Белоножко и И.Ю.Крутошинскому, ведущим геологам А.М.Цепкову, А.В.Королеву, С.А.Романовичу, геологам Ф.Ф.Панину, Л.Е.Тюриной за поддержку направления исследований по совершенствованию методики опробования руд с крупным золотом. Признателен аспиранту В.С.Кряжеву за помощь в компьютерной верстке рисунков, изучении морфологии и состава самородного золота, математической обработке результатов исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алабин Л.В., Калинин Ю.А.* Металлогения золота Кузнецкого Алатау. – Новосибирск: СО РАН, 1999.
2. *Временное* методическое руководство по обработке геологических проб золоторудных месторождений с предварительным извлечением металла / М.Н.Савосин, В.А.Саклаков, В.А.Захваткин. – М.: ЦНИГРИ, 1975.
3. *Кавчик Б.К.* Схемы пробоподготовки при пробирном анализе на золото // Золотодобыча. 2008. № 119. С. 12–14.
4. *Казимиров М.П., Никитенко Е.М., Лукиных В.Е., Новикова Т.М.* Применение технологических методов пробоподготовки для оценки запасов большеобъемных золоторудных объектов на примере Наталкинского месторождения // Золотодобыча. 2008. № 119. С. 16–21.
5. *Каллистов П.Л., Камышев Ю.И.* К проблеме выравнивания показаний проб при подсчете запасов месторождений с высокой изменчивостью оруденения // Руды и металлы. 1995. № 4. С. 84–94.
6. *Коньшев В.О.* О граничных условиях определения золота методом предварительного извлечения // Отечественная геология. 2005. № 3. С. 84–87.
7. *Коньшев В.О.* Федоровско-Кедровское золоторудное поле — литолого-стратиграфический контроль золотоносности // Отечественная геология. 2006 № 2. С. 13–20.
8. *Коньшев В.О.* Пути повышения достоверности опробования руд с крупным золотом // Руды и металлы. 2007. № 2. С. 40–54.
9. *Коньшев В.О., Вартамян С.С., Горелов А.Г.* Способ определения среднего содержания золота в рудных телах // Патент на изобретение RU № 2383889 С₁. 10.03.2010. Бюл. № 7.
10. *Методика* разведки золоторудных месторождений / В.Н.Иванов, В.П.Кувшинов, В.И.Батрак и др. – М.: ЦНИГРИ, 1991.
11. *Методические* рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное. ГКЗ, 2007. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.
12. *Многофакторная* модель крупнообъемного золоторудного месторождения Дегдекан (Магаданская область) / Б.К.Михайлов, С.Ф.Стружков, Н.Б.Цимбалюк и др. // Отечественная геология. 2010. № 2. С. 20–31.
13. *Романчук А.И., Богомолов В.А., Никитенко Е.И., Кушнарев П.И.* Сравнительная оценка достоверности определения содержания золота в рудах Дегдеканского рудного поля традиционным пробирным анализом и по методике с предварительным гравитационным концентрированием свободного золота // Недропользование XXI век. 2011. № 3. С. 58–63.
14. *Dominy S.C. and Platten I.M.* Gold particle clustering — a new consideration in sampling applications // Trans Inst Min Metall. 2007. 116. B130–B142.
15. *Pitard F.F.* Sampling Theory and Methods // A short Course presented at the University of the Witwatersrand. 2006. Vol. I. October 2002.

УДК 553.9+546.59 (571.6)

©А.В.Подгаецкий, А.А.Черепанов, 2014

**КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ПОРОД ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА
КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОГО СЫРЬЯ****А.В.Подгаецкий (Институт проблем комплексного освоения недр РАН), А.А.Черепанов (Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН)**

Современными аналитическими методами исследованы вещественный состав и благороднометалльная минерализация углеродистых черносланцевых пород Дальнего Востока. Определены основные минеральные ассоциации неорганической части, а также формы вкрапленений графита и рудных минералов. Предложена эффективная методика подготовки проб углеродистых сланцев к анализу на присутствие благородных металлов. Установлена связь концентраций золота и элементов платиновой группы с содержанием графита в пробах.

Ключевые слова: черные сланцы, графит, благородные металлы, методы физико-химического анализа.

Подгаецкий Андрей Викторович. podgan@mail.ru, Черепанов Александр Андреевич, alekscherepanov@yandex.ru

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE BLACK SHALE ROCKS OF THE FAR EAST AS A PERSPECTIVE OF NOBLE MATERIALS**A.V.Podgaetskii, A.A.Cherepanov**

Modern analytical methods investigated material composition and noble-metal mineralization of carbon black shale rocks of the Far East. The main mineral associations inorganic portion and the shape of graphite inclusions and ore minerals. An efficient method of sample preparation for analysis of carbonaceous shales of the presence of noble metals. The connection between the concentration of gold and platinum group elements with graphite content in the samples.

Key words: black shales, graphite, noble metals, methods of physicochemical analysis.

Проблема благороднометалльного потенциала черносланцевых толщ в последнее время активно обсуждается геологами [1–4, 6–10]. По мере накопления данных о генезисе и условиях формирования этого специфического типа оруденения встает вопрос о практической реализации накопленных знаний, поскольку углеродистые породы являются наиболее вероятными нетрадиционными источниками золота и платиноидов в будущем. Вместе с тем, данные по содержаниям благородных металлов в таких породах противоречивы, формы их нахождения и происхождение, технология извлечения не изучены.

Цель проведенных исследований — создание современного аналитического комплекса оптимального для оперативного изучения вещественного состава и технологических свойств различных типов черносланцевых пород.

Объекты и методы исследования. Изучены широко распространенные в пределах Буреинского и Ханкайского срединных массивов рифей-кембрийские черносланцевые толщ. На Буреинском массиве исследованиями охвачены высокоуглеродистые породы сутырской и кимканской толщ, Ханкайском — образования эксгалационного графита Тургеневского рудопроявления. В их составе выделяются углеродсодержащие сланцы, филлиты, метаалевролиты, гнейсы с содержанием $C_{орг}$ 1–22%.

Породам свойственны черная окраска, сульфидизация различной интенсивности, иногда сеть тонких кварцевых прожилков. Углеродистый материал представлен тонкодисперсным аморфным агрегатом и графитом в виде тонкой вкрапленности и тонких (0,001–0,03 мм) чешуек.

Черносланцевые толщ Дальнего Востока разнообразны как по составу, так и по происхождению. Наряду с типичными черными сланцами, выделяются высокоуглеродистые породы, для которых характерны повышенное (до 20% и более) содержание углерода и более высокая степень его метаморфизма (до графита). Среди изученных проб к таковым относятся образцы графитовых сланцев месторождения Союзное и рудопроявления Тургеневское. Месторождение Союзное расположено в Кимканском окраинном прогибе Буреинского массива. Разрез представлен чередованием более десятка пластов высокоуглеродистых пород со средним содержанием графита 16–18%. Наиболее графитоносные пачки сложены переслаивающимися графитовыми и графитсодержащими кварцево-сланцевыми, кварц-полевошпатовыми и другими сланцами. Графит в рудных телах нередко кристаллический, крупно-среднечешуйчатый. В пегматитах встречается переотложенный (эксгалационный?) графит смоляно-черного цвета, заполняющий трещины.

1. Химический состав неорганической части пород и руд

Элементы	Кимканская толща				Сутырская толща					Месторождение Союзное					Месторождение Тургенское			
					Номера проб													
	548	632	633	636	1	562г	560	566	570	653	706	709	711	9-120	728	731	732	Г
SiO ₂	75,20	66,27	67,31	69,65	66,4	76,21	64,72	80,97	69,95	61,56	68,83	63,80	52,52	52,59	44,12	64,81	64,33	16,41
Al ₂ O ₃	11,24	18,88	17,37	15,24	11,4	11,75	20,97	6,43	14,43	20,95	14,68	14,87	14,11	12,49	10,88	19,20	21,26	7,86
N ₂ O	0,26	0,23	0,21	0,18	0,22	0,23	0,22	0,11	0,17	0,34	0,68	0,73	0,38	0,21	0,26	2,37	0,62	н/у
K ₂ O	2,23	4,52	4,14	3,74	4,18	2,52	4,26	1,51	3,31	4,63	9,02	9,19	1,75	1,82	1,30	5,33	8,90	0,16
CaO	0,027	0,031	0,025	0,019	0,02	0,028	0,032	0,083	0,084	0,16	0,08	0,08	5,87	4,82	16,44	3,10	1,47	10,58
MgO	0,47	1,23	1,17	1,00	0,53	0,57	1,05	0,34	1,11	1,44	0,17	0,15	2,19	1,03	3,23	1,28	1,03	0,87
TiO ₂	0,40	0,74	0,67	0,62	0,63	0,40	0,42	0,22	0,65	0,55	0,22	0,14	0,86	0,71	0,43	0,30	0,10	0,02
Fe ₂ O ₃	4,31	2,66	3,91	3,95	1,31	1,66	2,22	3,25	1,03	4,20	1,13	1,87	2,97	3,53	4,60	1,69	1,04	3,25
Cr	599	1000	133	106	116	330	143	198	155	105	10	10	30	30	20	25	12	14
Zn	0,00	200	29	27	24	75	36	67	90	40	<10	<10	<10	<10	686	978	3230	
Rb	80	н/у	140	126	113	166	120	171	134	202	30	30	10	10	10	324	568	н/у
Sr	30	200	81	76	70	206	85	92	42	79	30	30	20	20	20	617	145	60
Zr	116	0,00	158	140	134	141	117	146	158	209	0,00	0,00	20	10	10	350	69	70

Примечание. Жирным шрифтом даны результаты анализа пробы методом РФЛС, курсивом — возбуждением спектра от дуги; н/у — элемент не установлен.

Эта разность графита отличается наибольшей чистой и наиболее упорядоченной кристаллической структурой [3, 10].

Химический состав проб определялся двумя методами: рентгенофлуоресцентной спектрометрии (РФЛС) на спектрометре ARL Advant'X (аналитик Н.Г.Новикова) и возбуждением спектра от дуги постоянного тока (дуговой спектрометр ИСП-28, ИГЕМ РАН). Фазовый анализ (РФА) проведен на дифрактометре XRD-7000 «SHIMADZU» с использованием отфильтрованного CuK_α-излучения. Технический анализ углеродсодержащего сырья осуществлялся на термогравиметрическом анализаторе TGA-701 LECO. Растровая электронная микроскопия выполнена на микроскопах LEO 1420VP с микроанализатором OXFORD INCA ENERGY 350 и JSM-6610LV (аналитик Е.В.Копорулина). Содержание благородных металлов измерено методом ICP-MS (прибор XII ICP-MS Thermo Scientific) с СВЧ пробоподготовкой (микроволновая система MARS 5, демоцентр компании «Интераналит»). Сорбционные свойства пород определялись на приборе AUTOSORB-1. Для петрографического описания шлифов использовались промышленный оптический микроскоп OLYMPUS и конфокальный лазерный сканирующий микроскоп VK 9700 KEYENCE (аналитик А.Н.Краснов). Концентрирование благородных металлов не проводилось. Основное изучение геологических материалов осуществлялось в Аналитическом центре изучения природных веществ при комплексном освоении недр ИПКОН РАН.

Определение состава и технологических свойств черносланцевых пород. Оработка методик обогащения минерального сырья требует оперативного контроля за изменениями химического состава получаемых продуктов. С этой целью проведен сравнительный анализ результатов определения элементного состава методами РФЛС и возбуждением спектра от дуги постоянного тока (табл. 1, проба 548). Полученные данные показали, что, несмотря на простоту выполнения измерений и пробоподготовки, точности дугового спектрометра не достаточно для детальной оценки состава алюмосиликатной матрицы черносланцевых углеродистых пород.

С учетом данных химического состава рентгенометрически определены основные минеральные ассоциации неорганической части каждой разновидности черносланцевых пород (табл. 2). Основные породообразующие минералы неорганической части кимканской и сутырской толщ — мусковит и кварц с примесью минералов глин в некоторых пробах сутырской толщи (рис. 1, а). В образце месторождения Самарское вместо мусковита отме-

2. Минеральный состав неорганической части графитосодержащих сланцев и руд

Номера проб	Характеристика пород	Фазовый состав неорганической части по данным РФА
<i>Кимканская толща</i>		
548	Филлитовидный сланец	Кварц, мусковит
632	Графитистый сланец	
633		
636	Углистый сланец	
1	Графитистый сланец	Кварц, КПШ
Графитовый концентрат 1		Кварц, мусковит
Графитовый концентрат 2		
<i>Сутырская толща</i>		
562-т	Углисто-кварц-серицитовый сланец	Кварц, мусковит
560	Кварц-серицит-графитовый сланец	Кварц, мусковит, каолинит
566		Кварц, мусковит
570		
653	Графитистый сланец	Кварц, мусковит, каолинит
<i>Месторождение Союзное</i>		
706	Гнейсовидный графитовый сланец	Кварц, микроклин
709	Графитовый сланец из контакта с пегматитом	
711	Слоистый графитовый сланец	Кварц, мусковит, клиноцоизит
9-120	Графитовый сланец	Кварц, мусковит, микроклин, кальцит, диопсид
728		
<i>Рудопроявление Тургеневское</i>		
731	Графитосодержащая руда	Кварц, мусковит, микроклин, хлорит
732		Кварц, мусковит, микроклин
<i>Месторождение Тургеневское</i>		
Крупночешуйчатый графит		Пренил

чена кварц-полевошпатовая ассоциация. В графитовых сланцах месторождения Союзное преобладают кварц и КПШ с примесью мусковита, клиноцоизита, диопсида.

Формы вкраплений графита и рудных минералов в сланцах изучались при петрографическом исследовании аншлифов (рис. 2).

Для изученных проб как углеродсодержащего сырья выполнен технический анализ с определением влажности, зольности и выхода летучих веществ (табл. 3). Зольный остаток, полученный после нагрева до 950°C и выдержки проб при проведении анализа, использовался для определения термостойкости исследуемых пород. Отмечено, что термообработка при 950°C приводит к частичному или полному распаду кристаллической решетки

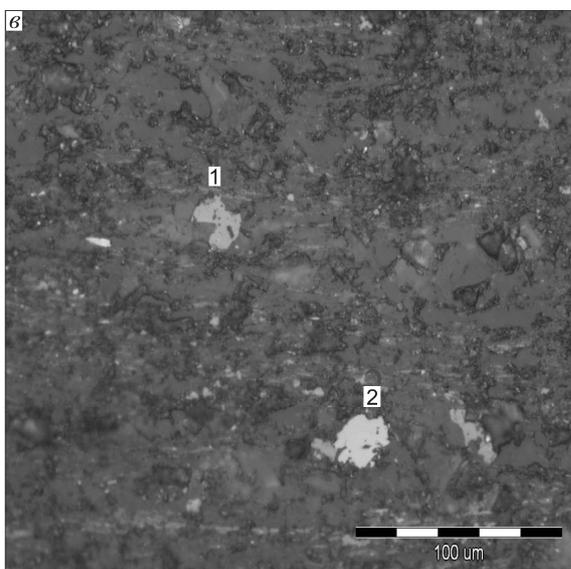
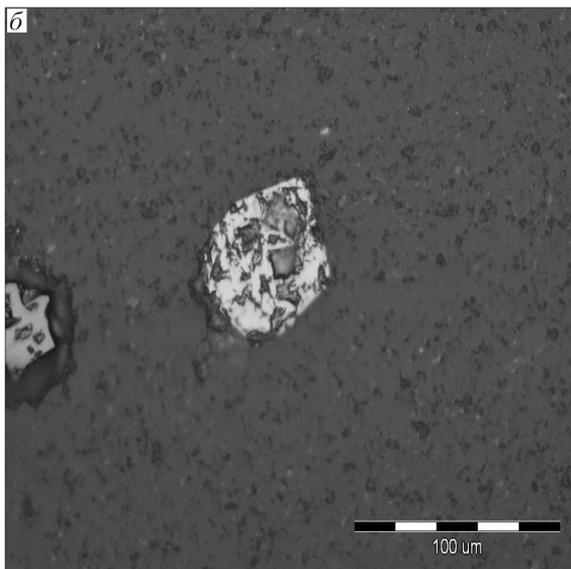
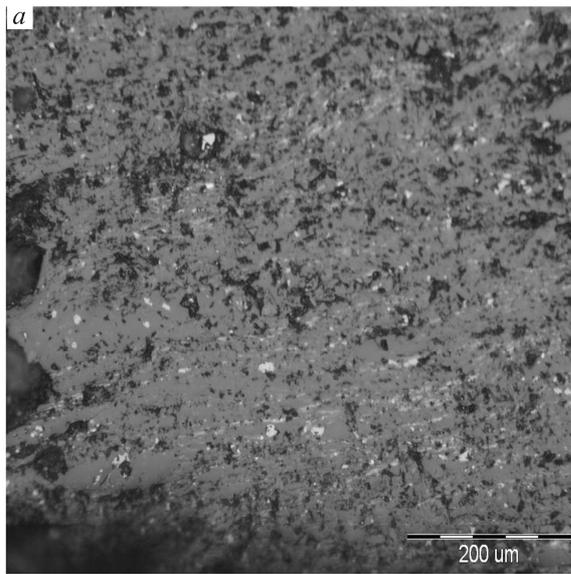
мусковита, диагностируемому по исчезновению или смещению рефлексов дифракционного спектра минерала (см. рис. 1, б). Известно [5], что в интервале 800–1000°C снижается прочность мусковита в связи с его дегидратацией и перестройкой решетки. При более высоких температурах (1000–1200°C) исходный мусковит полностью распадается с образованием игольчатого муллита и аморфной фазы. Глубина трансформации кристаллической решетки мусковита при нагревании обусловлена ее дефектностью и определяется, по-видимому, степенью метаморфизма пород. Кроме мусковита, при термообработке разлагается хлорит, присутствующий в виде примеси в некоторых пробах проявления Тургеневское. Существенные изменения претерпевает клиноцоизит. Его рефлексы становятся менее интенсивными и более диффузными. Структура кварца при нагреве до 950°C не изменяется.

Учитывая, что флотация углеродсодержащих пород и выход графитового концентрата во многом определяются площадью поверхности и свойствами его породных частиц, проанализирована сорбционная активность черных сланцев и графитовых проб (табл. 4). Наибольшей сорбционной активностью отличаются кимканские сланцы, что связано со структурой порового пространства породы и высоким содержанием в ней тонкодисперсных, в том числе графитовых, частиц.

Изучение благороднометалльного оруденения черных сланцев. Включения рудных минералов и формы выделения благородных металлов в углеродистых и графитовых сланцах изучены методами растровой электронной микроскопии. Исследовались пробы исходных графитовых пород, отобранные по разрезу изучаемых толщ, без концентрации содержащихся в них благороднометалльных соединений и самородных включений.

Анализ энергодисперсионных спектров сланца кимканской толщи (рис. 3) показывает, что последний представляет собой алюмосиликатную матрицу, состоящую из кварца и К-слюды с включениями оксидов Fe в виде гематита или магнетита. В матрице встречаются включения сульфидов серебра (акантит) и его самородных частиц. По данным микрозондового анализа более разнообразен состав включений в алюмосиликатной матрице сланцев сутырской толщи и месторождения Союзное. В них, помимо оксидов Fe, установлены титаномагнетит, рутил, оксид или гидроксид Ag-U, ксенотим, зерна минеральных фаз, содержащих фосфор и редкие земли. Фотографии и соответствующие энергодисперсионные спектры некоторых включений приведены на рис. 4.

Преобладание соединений серебра в самородной и сульфидной формах среди благороднометалль-



3. Технический анализ черных сланцев, графитосодержащих руд и графита

Номера проб	Влажность, %	Выход летучих, %	Зольность, %
<i>Кимканская толща</i>			
548	0,59	4,23	95,19
632	0,44	4,53	95,16
633	0,52	4,69	95,41
636	0,47	4,88	95,04
<i>Сутырская толща</i>			
1	0,69	4,22	86,55
562-г	0,31	4,28	94,05
560	0,35	4,44	94,62
566	0,32	3,32	93,60
570	0,41	4,05	91,4
653	0,55	4,59	95,19
<i>Рудопроявление Тургеневское</i>			
731	0,15	5,32	94,68
732	0,15	7,42	92,58
G	1,16	6,59	92,89

ных выделений объясняется тем, что исследования проводились на пробах исходных черносланцевых пород, в которых относительная частота встречаемости включений Ag – Au – Pt, по данным предшествующих исследований, составляет 100:10:1. Минеральные и металлоорганические соединения Au и Pt обнаруживаются, как правило, в гравитационных и флотационных концентратах или остатках после химического растворения сланцев [7–10].

Определение содержаний Au и элементов платиновой группы. Проблема определения содержания благородных металлов в черных сланцах является одной из самых важных при анализе этого типа горных пород. В литературе отмечается крайняя нестабильность получаемых результатов анализов — от очень высоких содержаний до практически нулевых в зависимости от применяемых методов. Так, результаты определений содержаний Au и платиноидов в высокоуглеродистых породах кимканской и сутырской толщ разными методами дали следующий разброс значений, г/т: Au от 0,01 до 47, Pt от 0,01 до 105, Pd от 0,01 до 48. Основные причины расхождения результатов связаны с потерями летучих металлоорганических комплексов, неполным вскрытием графита при пробоподготов-

Рис. 2. Включения графита и рудных минералов в черных сланцах:

a — участок сланца, насыщенный включениями графита и оксидов железа; *б* — пирит в кварце; *в* — магнетит (1), гетит (?) (2) в породе

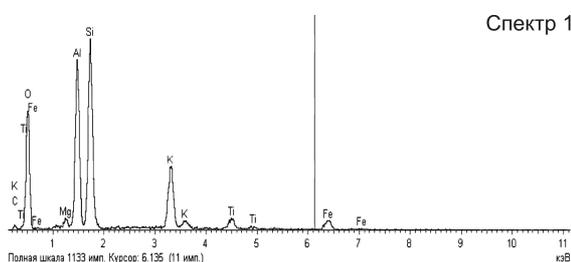
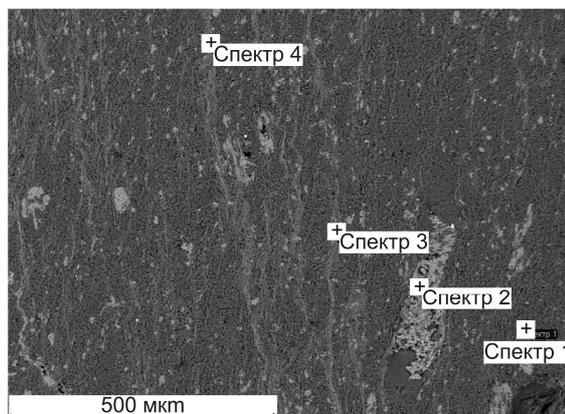
4. Площадь сорбционной поверхности образцов углеродистых сланцев и графита

Номера проб	Площадь поверхности, м ² /г (среднее по трем измерениям)
<i>Кимканская толща</i>	
548	9,18
632	6,73
633	7,91
636	7,99
1	8,78
<i>Рудопоявление Тургеневское</i>	
731	2,21
732	1,80
G	3,85

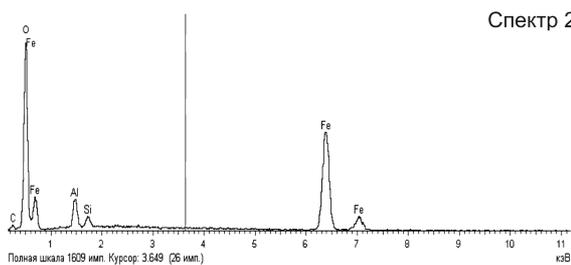
ке, сорбцией благородных металлов углеродистым материалом пробы [7–9]. Поэтому методы анализа можно разделить на две группы — занижающие и завышающие реальные содержания. К «занижающим» следует отнести методы, связанные с кислотным разложением проб, и те, в которых при пробоподготовке используются высокие температуры. При кислотном разложении происходит неполное вскрытие (растворение содержащих благородные металлы фаз) пробы. При сплавлении часть благородных металлов, по-видимому, образует с углеродом летучие соединения и теряется. К «завышающим» относятся ядерно-физические, эмиссионная масс-спектрометрия и атомно-абсорбционный методы. Причины завышения содержаний благородных металлов первыми двумя методами обусловлены методическими недоработками, а в случае атомной абсорбции — не учетом спектральных наложений.

В целях исключения вышеуказанных погрешностей при анализе благородных металлов в черных сланцах нами использовалась микроволновая пробоподготовка в закрытых системах образцов черных сланцев для анализа на спектрометре ICP-MS. Применение современных систем СВЧ подготовки позволяет добиться быстрого и полного кислотного разложения наиболее трудно вскрываемых объектов с органической и неорганической матрицей без потерь аналитов в виде летучих компонентов [2]. Для разложения использовали обработку смесью HNO₃+HCl+HF. Разложение в MarsXPress, 400 Вт, 220°C, 25 мин нагрева+25 мин поддержания постоянной температуры. Дополнительная стадия — отгонка из системы гексафторида кремния и остатков HF.

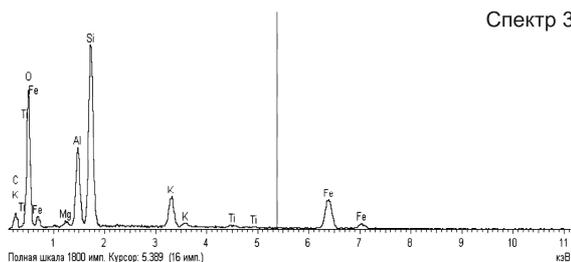
На одних и тех же или аналогичных пробах сравнивались результаты наших определений и данные модифицированных методов кислотного разложения, дающих наибольшие значения содер-



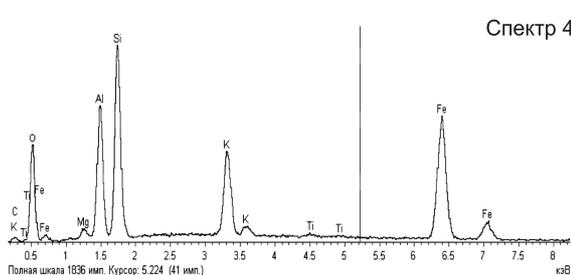
Спектр 1



Спектр 2

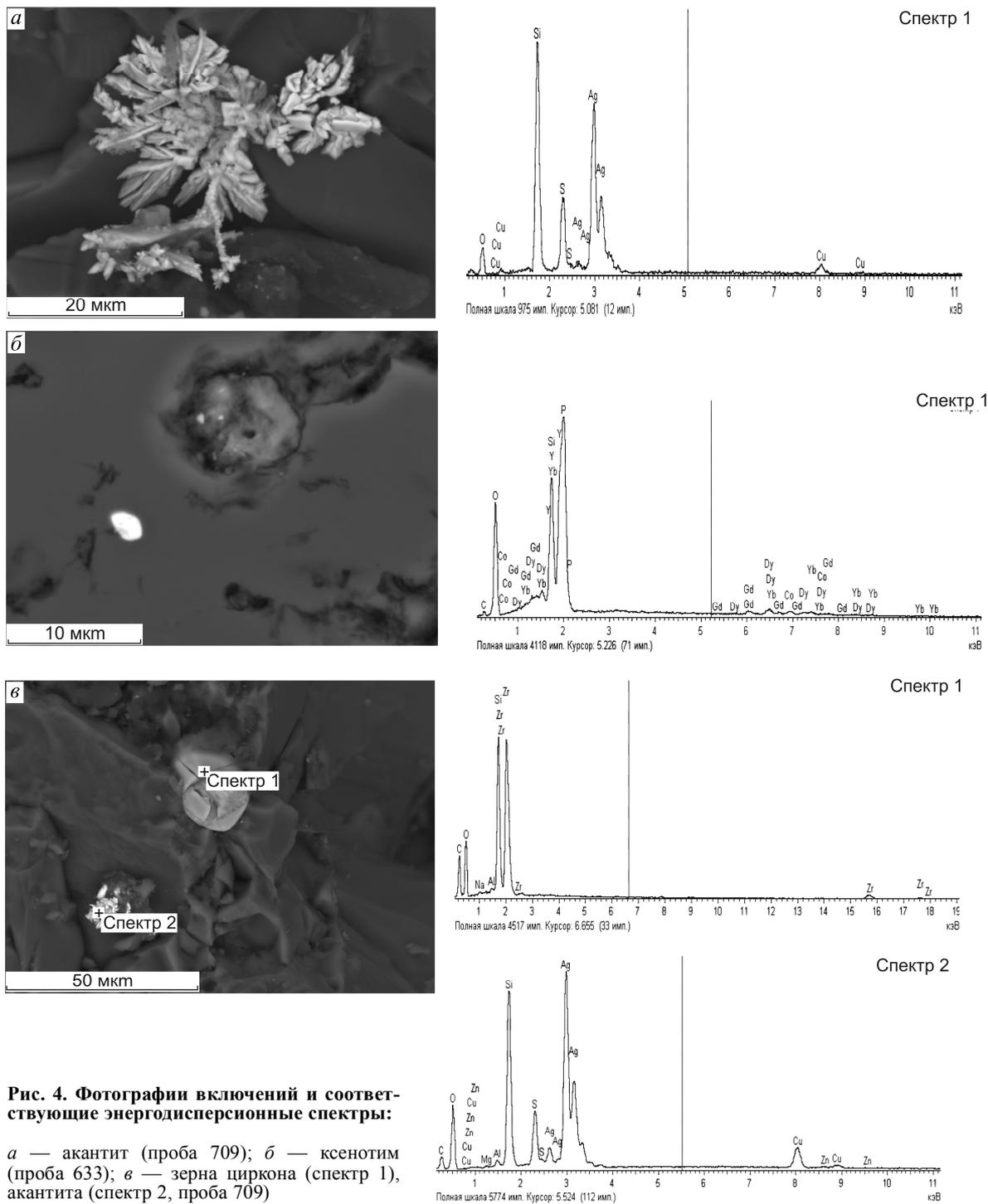


Спектр 3



Спектр 4

Рис. 3. Фотография сланца кимканской толщи (табл. 2, обр. 633) и энергодисперсионные спектры отдельных включений



жаний благородных металлов (табл. 5). Сравнивались результаты наших определений с данными модифицированных методов кислотного разложения, дающих наибольшие значения содержания благородных металлов. На одних и тех же самых или аналогичных пробах (табл. 5). Видно, что наши

результаты сопоставимы по содержанию Au и Pd и в некоторых случаях лучше по Pt. При этом следует учесть, что применение HClO_4 и CrO_3 взрыво- и огнеопасно, а также требует значительно большего времени для анализа. Метод микроволнового нагрева полностью обеспечивает безопасность

5. Сравнение результатов определения разными методами содержания благородных металлов в породах кимканской и сугьрской толщ

ICP с СВЧ пробоподготовкой				ICP-MS с кислотным вскрытием				Обжиг и разложение с HClO ₄				Обжиг с SiO ₂ в качестве окислителя			
Порода	Au	Pt	Rd	Порода	Au	Pt	Rd	Порода	Au	Pt	Rd	Порода	Au	Pt	Rd
<i>Кимканская толща</i>															
ФС	0,035	0,956	0,087	УС	0,095	0,005	0,019	ГС	0,042	0,019	0,033	ГС	0,24	16,41	н.о.
ГС	0,168	0,319	0,084	ГС	0,121	0,034	0,087	ГС	0,640	0,063	0,301	ГС	0,008	5,42	н.о.
								ГС	0,376	0,038	0,009	ГС	0,05	3,36	н.о.
												ГС	0,19	2,78	н.о.
<i>Сугьрская толща</i>															
ГС	0,108	0,259	0,235	ГС	0,367	0,020	0,035	ГС	0,279	0,028	0,066	ГС	0,008	0,82	н.о.
ГС	0,000	0,228	0,088	ФС	0,025	0,005	0,013	ГС	0,769	0,022	0,026	ГС	Следы	8,17	н.о.
								ГС	1,321	0,064	0,117	ГС	0,127	5,48	н.о.
								ГС	0,625	0,054	0,068	ГС	0,025	2,09	н.о.
								ГС	0,901	0,014	0,008	ГС			

Примечание: ГС — графитистый сланец, ФС — флюатовый сланец, УС — углистый сланец.

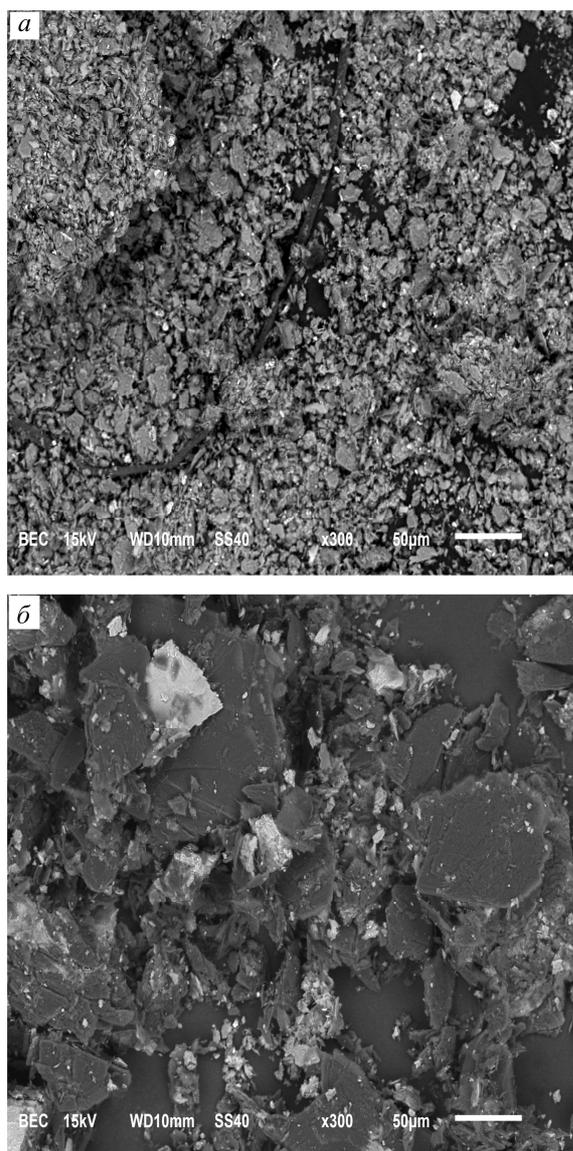


Рис. 5. Фотографии дисперсных (а) и крупночешуйчатых (б) выделений графита

работ и может рассматриваться как эффективный способ повышения экспрессности, производительности и экономичности анализов по определению содержания благородных металлов в черносланцевых породах и продуктах их обогащения.

Исследование графитов. Одновременно с изучением черносланцевых пород кимканской толщи изучались пробы тонкодисперсного графита, более или менее равномерно распределенного в объеме породы и выделенного в виде флотационных концентратов. Для анализа крупночешуйчатой разновидности минерала, характерной для графитовых месторождений, отобраны пробы графитосодержащих руд и эксгаляционного графита рудопрояв-

ления Тургеневское [7, 8]. Из прожилка в пробе 732 под бинокляром выделен мономинеральный образец крупночешуйчатого графита (обр. G). Фотографии дисперсных и крупночешуйчатых выделений графита, полученные методом растровой электронной микроскопии, приведены на рис. 5.

Тонкодисперсный графит кимканской и сутырской толщ рентгенометрически диагностируется только при анализе флотационных концентратов, где он находится в тесном срастании с минералами вмещающих пород — кварцем и мусковитом. Рентгенограмма крупночешуйчатого графита проявления Тургеневское указывает на высокую степень упорядоченности структуры минерала и наличие небольшой примеси пренита. Элементный состав графитосодержащих руд и мономинеральной фракции графита этого проявления см. табл. 1. Следует отметить повышенное содержание Zn и Rb в рудах и графите этого проявления. Благороднометалльные включения в тонковкрапленных разностях кимканского графита практически не отличаются от таковых вмещающих пород: ксенотим, оксиды железа, акантит. Включения в крупночешуйчатом графите представлены в основном пиритом и халькопиритом.

Анализ содержания благородных металлов в графитовых концентратах и мономинеральных выделениях показывает, что увеличение содержания графита в пробе сопровождается повышением концентрации Au в среднем в 5 раз, Pt — в 1,5 раза, Pd — в 3–5 раз по сравнению с рядовыми пробами. В одном образце концентрата зафиксировано содержание Pt около 80 г/т. Увеличение концентрации от 1 мг/т до 1 г/т в единичных пробах свидетельствует о крайне неравномерном распределении платиноидов и золота, что характерно для металлоносных сланцев. В целом полученные результаты могут служить подтверждением предположения о существовании природных форм выделения благородных металлов, характерных для графитовых сланцев — металл-углерод-кислородных композитов. Ряд авторов отмечают присутствие значительного количества платины в составе графита в виде таких комплексов, обладающих высокой устойчивостью к кислотному разложению [1, 4, 6, 9]. Приводятся сведения о том, что платина в биофильных формах извлекается в графитовый концентрат, причем рудный потенциал минерализации данного типа может достигать десятков грамм на 1 т, что также находит подтверждение в полученных нами результатах.

Итак, комплексом современных аналитических методов проведен анализ различных типов высокоуглеродистых сланцев Дальнего Востока с опре-

делением некоторых технологических свойств и содержаний благородных металлов. Принципиальная новизна этого типа руд заключается в нахождении значительного количества благородных металлов в виде органоминеральных композитов, локализованных в кристаллических (графит) и аморфных соединениях углерода на наноуровне. Проанализированы особенности минерального и химического составов некоторых типов черносланцевых пород. Определены формы, морфология и состав благороднометаллических включений. Используемый комплекс позволяет исследовать как минеральную, так и органическую часть пород. Особое внимание было уделено разработке методики определения содержаний Au и платиноидов в черных сланцах и графитовых концентратах. Как показали полученные результаты, в этом направлении можно считать перспективным применение микроволновой подготовки черносланцевых проб к анализу на присутствие благородных металлов. Необходимо расширить исследования углеродсодержащих пород и руд для разработки надежных и экспрессных методов анализа, а также технологий извлечения благородных металлов из упорных золото-платиновых руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова Т.Н., Черепанов А.А., Бердников Н.В.* Результаты минералогического и технологического изучения благороднометаллической минерализации углеродистых пород сутынской и кимканской толщ Бураинского массива // Мат-лы IV Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых «Проблемы комплексного освоения георесурсов». Хабаровск, 2011. Т. 1. С. 229–235.
2. *Кубракова И.В., Торопченова Е.С.* Микроволновая подготовка проб в геохимических и экологических исследованиях // ЖАХ. 2013. Т. 68. № 6. С. 524–534.
3. *Минералого-геохимическая характеристика графита углеродистых сланцев Дальнего Востока России: новые данные / А.И.Ханчук, Н.В.Бердников, Т.Г.Шушмилова и др. // ДАН. 2013. Т. 451. № 6. С. 666–669.*
4. *Природа графитизации и благороднометаллической минерализации в метаморфитах северной части Ханкайского террейна, Приморье / А.И.Ханчук, Л.П.Плюснина, А.В.Руслан и др. // Геология рудных месторождений. 2013. Т. 55. № 4. С. 261–281.*
5. *Термический анализ минералов и горных пород / В.П.Иванова, Б.К.Касатов, Т.Н.Красавина, Е.Л.Розина. – Л.: Наука, 1974.*
6. *Формы выделения благородных металлов в углеродистых сланцах на Дальнем Востоке России / Н.В.Бердников, Т.Н.Александрова, Н.С.Коновалова и др. // Тез. докл. конференции «Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии». Хабаровск, 2011. С. 159–162.*
7. *Ханчук А.И., Плюснина Л.П., Молчанов В.П., Медведев Е.И.* Графитизированные комплексы северной части Ханкайского террейна — новый тип комплексных благороднометаллических месторождений // Вестн. ОНЗ РАН. 2010. Т. 2.
8. *Ханчук А.И., Плюснина Л.П., Молчанов В.П., Медведев Е.И.* Углеродизация и геохимическая специализация графитоносных пород северной части Ханкайского террейна, Приморье // Геохимия. 2010. № 2. С. 115–125.
9. *Черепанов А.А., Александрова Т.Н., Бердников Н.В.* Первые данные по благородной минерализации высокоуглеродистых сланцев Дальнего Востока и технологии их переработки // Прогнозная оценка технологических свойств полезных ископаемых методами прикладной минералогии. Петрозаводск, 2013. С. 79–85.
10. *Черепанов А.А., Бердников Н.В.* Минералого-геохимические особенности графита и благороднометаллической минерализации месторождения Союзного (Дальний Восток) // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 4. С. 80–87.

РЕЦЕНЗИИ



УДК 549.282/.283 (049.32)

© Р.А.Амосов, 2014

РЕЦЕНЗИЯ НА «АТЛАС МОРФОЛОГИЧЕСКИ КЛАССИФИЦИРОВАННЫХ И СЕРТИФИКАЦИОННО ОЦЕНЕННЫХ ЗОЛОТЫХ, ПЛАТИНОВЫХ И СЕРЕБРЯНЫХ САМОРОДКОВ»*

Р.А.Амосов (Компания «АГАВА ГРУПП», Россия)

Амосов Роман Африканович, amosovr@mail.ru

«ATLAS OF MORPHOLOGICALLY CLASSIFIED AND CERTIFIED GOLD, PLATINIUM, AND SILVER NUGGETS»: A REVIEW

R.A.Amosov

Книга состоит из предисловия, введения, таблицы с классификацией и фотографиями 327 самородков золота, платины и серебра, которая предваряется краткими пояснениями [3]. На двух страницах предисловия описаны история создания Атласа и разнообразные заслуги авторов, фамилии которых упоминаются 14 раз. Во введении и последующем тексте нет определения термина «самородок». Последние 40 лет в отечественной литературе золотыми самородками называют частицы самородного золота, «резко отличающиеся по своим размерам от преобладающей массы частиц золота и обладающие весом более 1 г» [4]. Можно не соглашаться с таким определением и дать новое, но в рецензируемой книге к самородкам без какого-либо обоснования отнесены золотины массой меньше 1 г, включая чешуйки золота размером в сотые доли миллиметра, масса которых <1 мг. В этом случае термин самородок утрачивает всякий смысл. Опубликованные задолго до появления Атласа книги Н.В.Петровской [5] и Л.С.Шер [7], в которых обсуждаются морфология, внутреннее строение и генезис самородков, авторы не упоминают и не комментируют. Также обойдены их вниманием статья В.В.Столяренко с описаниями кондерских самородков изоферроплатины [6] и книга С.С.Двуреченской, в которой приведены морфология и генезис самородков серебра из Дуката [1]. Замечательные снимки якутских золотых самородков имеются в буклете [8], опубликованном в 2002 г. Хотя это популярное, а не научное издание, каждый самородок в нем имеет геологическую привязку, чего не скажешь про рецензируемый Атлас.

На двух страницах введения обсуждается ценообразование, состояние рынка самородков и социальный состав потенциальных покупателей. По утверждениям авторов, включения «недрагоценных минералов» входят в «суммарную» массу самородка и, соответственно, «в суммарную стоимость по цене главного драгоценного металла самородка» (здесь и далее курсив мой. – Р.А.). Этот тезис представляется весьма сомнительным, поскольку при оценке конкретных самородков авторы вводят снижающий коэффициент, учитывающий включения не драгоценных минералов. Кроме того, нельзя согласиться с утверждением авторов, что «Золотые самородки преимущественно представлены природным сплавом золота с серебром». Сплавы образуются при застывании расплавов, тогда как самородное золото, согласно общепринятым представлениям, кристаллизуется из раствора и является изоморфной смесью названных металлов.

«О сколько нам открытий чудных готовит просвещения дух...» – писал А.С.Пушкин, предвидя выход в свет Атласа. И в самом деле, в рецензируемой книге нас ждет немало чудных открытий. Вот одно из них: «Углерод известен во многих физических состояниях: в твердом (алмаз), мягком (графит), жидком и газообразном. Такими же состояниями должны обладать и аналогичные по их физическому состоянию природные производные драгоценных металлов — золота, платины, серебра, хотя эти их состояния могут быть очень короткими во времени, но они являются отражением критических этапов «жизни» минералов» (с. 7).

* Избеков Э.Д., Разин Л.В. Атлас морфологически классифицированных и сертификационно оцененных золотых, платиновых и серебряных самородков. – М.: Геоинформмарк, 2013.

Кроме новизны, в этом открытии привлекает несокрушимая логика: и в самом деле, аналогичные состояния есть ни что иное, как такие же состояния. Жидкое и газообразное состояния как «критические этапы жизни минералов» — твердых тел — также отнесены к категории открытий.

На этом можно было бы поставить точку, но тираж книги всего 200 экземпляров, она достанется немногим счастливым, и исправить это неудобство можно только обильным цитированием. «**Самородное золото** (265 фотоснимков). Этот минерал во многих отношениях имеет универсальность. Например, в настоящее время ни у одного из самородных минералов элементов таблицы Менделеева нет такого многообразия морфороазновидностей — более 40 000. Случайность это или закономерность?» Вероятно, именно авторы не поленились пересчитать эти сорок тысяч «морфороазновидностей», во всяком случае, никто больше не занимался такой арифметикой. Непонятно только, почему из такой огромной выборки авторы поместили в Атлас всего 261 фотоснимок (их не 265, а именно 261), да и те большей частью «позаимствованы из публикаций» (см. ниже). Нельзя также согласиться с термином «самородные минералы», так как определение «самородный» введено специально для того, чтобы отличать готовые к употреблению металлы природного происхождения от металлов, полученных в результате использования металлургических операций. Следуя примеру авторов, пришлось бы называть самородными все минералы, встреченные в природе.

Авторы выделяют восемь морфологических классов золотых самородков: кристаллы, дендриты, морфоформы стесненные и хемогенные, наросты, а также морфоформы агрегатизированные, гибридные и деформированные. Тут что ни класс, то вопрос: разве дендриты не кристаллы? Зачем изобретать «стесненные» формы, когда есть общепринятый термин «ксеноморфный»? Почему хемогенное золото нужно выделять в отдельный морфологический класс и по какому критерию оно отличается от прочего, например от корок? Что подразумевается под «агрегатизацией»? Чем гибридные формы отличаются от комбинаций простых форм? Наконец, «морфоформа» — ужасная тавтология, повторенная в книге многократно; местами она разбавлена «морфовыделениями».

Основное содержание Атласа составляет не имеющая названия таблица из пяти колонок. В первой колонке проставлены порядковые номера образцов, вторая называется «Индексы». Способ составления индексов в тексте не обсуждается, поэтому остается гадать, что значат такие индексы, как

IA1BB²⁻³ или IVA_{1,2}1-2^{1-2б}. По каким критериям составляются индексы и как расшифровывать их в таблице, остается неизвестным.

Третья колонка называется «Формулировка», в ней приведены описания самородков, показанных в пятой колонке. Вот некоторые примеры «формулировок» (здесь и далее цифры соответствуют номерам образцов в Атласе, в скобках — комментарии): 6. «Друза деформированных по оси роста кристаллов» (невозможно понять, что означает «деформация по оси роста»); 10. «Деформированная скелетная окатанная вершина октаэдра»; 11. «Вершина недостроенного (скелетного) октаэдра» (нельзя называть трехмерный самородок вершиной, поскольку последняя есть геометрическая точка — объект одномерный); 13. «Срез основания пятигранной пирамиды» (срез — двумерный объект, плоскость, а пятерных осей симметрии и, соответственно, пятигранных пирамид в минеральном мире нет. Как известно, есть только оси симметрии 2-го, 3-го, 4-го и 6-го порядков. Таким образом, «срез пятигранной пирамиды» как форма самородка — нонсенс); 25. «Проволочное самородное золото субквадратного сечения, возможно, рост начался с деформированного плоского сечения и отлагался слоями (по пинакоиду)» (рост не может «отлагаться слоями», и пинакоид — форма, запрещенная для пространственной группы Fm3m, к которой относится самородное золото); 162. «Квадратная средней обработанности пластинка с тремя небольшими сколами» (самородное золото — пластичный минерал, его можно разрезать, но невозможно расколоть); 321. «Пластинка самородного серебра с рисунком прямоугольной симметрии роста дендрита в виде елочки на кальците» (науке известны 32 вида симметрии, «прямоугольной» среди них нет).

Нижеследующие «формулировки» комментировать трудно: 182. «Овальная пластинка с прямолинейным коротким торцом»; 19. «Скелетная скорлупа вершины недостроенного деформированного октаэдра»; 170. «Отлично обработанное пластинчатое выделение типа высокой трапеции»; 176. «Овальная табличка с зачатками креста»; 111. «Продольная пластинка с выровненным рельефом»; 109. «Субтабличка, овально выпуклая в плане»; 168. «Отлично обработанная пластинка типа ступни»; 181. «Трапециевидная табличка с вогнутым основанием торца и заросшим заливом одной из угосин»; 188. «Продольная комковидная вершина»; 249. «Скобообразный самородок с наростами плоских выделений внутри».

Авторы не пользуются принятыми в минералогической кристаллографии терминами, что часто

приводит к курьезам. Так, структура только одного (!) самородка охарактеризована как кристаллическая, хотя самородное золото всегда кристаллическое вещество, т.е. обладает кристаллической структурой. В описании платиновых самородков появляется термин «структура полезного выделения». В то же время самородок, внутреннее строение которого не исследовано, авторы называют индивидом, хотя в минералогической кристаллографии индивидами принято называть монокристаллы.

Часто используемая в «формулировках» приставка «суб» открывает дополнительные возможности для описания 40 000 «морфотипов»: «субтабличка», «субтаблитчатый», «субпрямоугольный», «субквадратный», «субчетырёхугольный», «субтреугольный», «субизометричный», «субрудный облик», «суброгообразный», «субплоский» и даже «субрудное выделение в сростании с полупрозрачным кварцем (30%) и полостями его выкрашивания».

В четвертой колонке таблицы выставлены оценки самородков по следующим позициям: «классность, т.е. степень выраженности кристалла (формы идеальной, полной, остаточной, частичной), включая эпитактические нарастания; эстетичность — природная красота, зависящая от степени ассоциативного и эмоционального впечатления; известность — в коллекциях (включая частные); масса (масса самородка в граммах); пробность основного слагающего самородка минерала; познавательность рассматриваемого образца. Избирательно отмечаются иногда деформированность, скелетность, особенности роста, нарастания и зарастания, обработанность, наличие включений и т.д.»

Общая оценка определяется как произведение всех частных оценок. Никакого намека на то, как именно рассчитываются оценки того или иного параметра, например «познавательности», а также на возможный диапазон оценок в книге нет. С оценками, которые поддаются количественному измерению, тоже не все ладно. В частности, проба 258 образцов из 261, представленных в Атласе, не определялась. Масса образцов либо неизвестна (194 образца из 261), либо указана дважды — в третьей и четвертой колонках, но эти два значения никогда не совпадают. Например, в третьей колонке указана масса 9288 г, в четвертой 2,2 г (112); в третьей 425 г, в четвертой 5,0 г (225) и т.д. В некоторых случаях фактическая масса самородка в третьей колонке отсутствует, что не помешало оценить ее в четвертой колонке. Или такой вариант: в третьей колонке указан размер самородка 8×24 см, а из четвертой колонки узнаем, что масса этого самородка 1,3 г (228). Вы поверите? Остается предположить,

что в четвертой колонке приведена не действительная масса образцов, как написали авторы, а оценка массы в баллах, пропорциональная действительной массе. Однако такое предположение приходится отвергнуть, поскольку для образцов 105 и 160 за массу выставлена одинаковая оценка 20 баллов (?), тогда как их действительная масса составляет 36 кг и 168,7 г соответственно.

Такие признаки, как «скелетность», «особенности роста», «стебли и кристаллы», «деформированность», зарастания, примеси, включения, кварц, во всех случаях оценены ниже единицы и уменьшают общую оценку самородков на 10–50% каждый, тогда как классность, эстетичность, познавательность и известность, а также обработанность (за исключением образца 91) всегда оценены выше единицы. К этим оценкам возникает много вопросов. Например, под обработанностью авторы подразумевают то, что другие исследователи называют окатанностью. С научной точки зрения, чем сильнее окатан самородок, тем он менее интересен и ценен, так как при окатывании уничтожаются те самые «особенности роста», которые позволяют судить об условиях и механизме роста самородков. По логике же авторов, «обработка» самородков, уничтожая «скелетность», «стебли и кристаллы», признаки «деформированности», повышает оценку самородков. Совершенно непонятно, почему «пробность» изменяется в диапазоне от 0,7 до 0,9, т.е. снижает общую оценку самородков (1, 2, 48, 49, 88). Нужно подчеркнуть, что «пробность» указана только для этих пяти образцов и определена без анализа, поскольку первые четыре фотографии взяты из другого издания, где аналитических данных нет [2]. В качестве дополнительных параметров, влияющих на сертификационную оценку образцов, привлекаются не названные в преамбуле «дырчатость» (110), «стебли и кристаллы» (94), «кварц» (230), «примеси» (230).

Теперь обратимся к последней колонке таблицы, где приведены фотографии самородков. Часть снимков заимствована из книги «Золото мира» [2]. Качество снимков в данной книге выше всяких похвал, и в целом она оформлена с большим вкусом и в высшей степени корректно, в частности, в конце приведен список авторов всех снимков со ссылками на соответствующие страницы. В Атласе авторы снимков не упоминаются, и это хорошо, так как они вряд ли смогли бы опознать свои работы — настолько сильно копии отличаются по цвету и резкости от оригиналов. Это именно копии, переснятые из книги. Золото в Атласе то синее, то зеленое, то красное, а рассмотреть детали поверхности образцов невозможно из-за плохого разрешения. Это,

в частности, относится к нескольким десяткам снимков самородков из коллекции ИГАБМ. Фотографии образцов 2, 6, 16, 51, 56, 60, 63 и др. скопированы тем же способом из книги Л.С.Шер «Золотые самородки России» [7]. Таким образом, «классность», «эстетичность», «познавательность», а также «пробность», «примеси» и «включения» были «сертификационно оценены» авторами по фотографиям. Отсюда становится понятным, почему для большей части образцов не удалось определить ни пробу, ни массу. Кроме того, ни на одном снимке нет масштаба, так что оценка реального размера самородков — забота читателей. Для научной работы это совершенно недопустимо.

Как отмечено выше, кроме золотых, в Атлас включены также самородки платины и серебра — 46 и 20 образцов соответственно. Их описания страдают названными выше недостатками, они существенно короче и схематичнее, чем описания золотых самородков, а для многих из них оценена только «познавательность» или оценки вовсе отсутствуют. В одном случае к «познавательности» добавлен таинственный «коэффициент 0,7» (304). Следует добавить, что использованный набор серебряных самородков нельзя считать представительным: из 20 включенных в Атлас образцов 15 характеризуют Соколовско-Сарбайское железорудное месторождение в Казахстане. В то же время в Атлас не попали самородки из классического серебряного месторождения Дукат и его сателлитов в Магаданской области, а также из месторождений Якутской серебряноносной провинции.

В целом следует признать, что научная ценность рецензируемой книги есть величина отрицательная. Это первая работа, в которой описания морфологии и структуры образцов благородных металлов сделаны по фотографиям (фотографиям низкого качества, большей частью переснятым из чужих работ). «Сертификационные» оценки само-

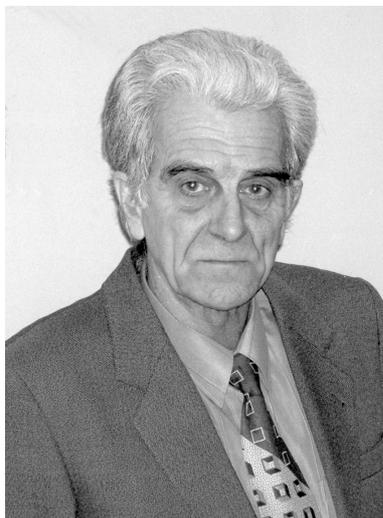
родков отличаются невняtnостью критериев и субъективизмом. Научные представления авторов, по меньшей мере, наивны — чего стоят хотя бы «мягкое» физическое состояние минералов и «универсальность» самородного золота. Наконец, авторы явно не в ладах с русским языком: «Кроме того, использованы публикации классических представителей наиболее показательных образцов» (с. 12) или «табличка с наличием кварца» (с. 66) и т.д. и т.п.

После прочтения Атласа возникает вопрос: сочли ли авторы необходимым перечитать свой труд перед сдачей его в издательство? А также читал ли его редактор г-н В.Н.Михин, или он положился на «научную редакцию» Л.В.Разина? Издательство «Геоинформмарк» сделало плохой подарок специалистам в области минералогии благородных металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дзуреченская С.С.* Гипергенные минералы серебряных месторождений. — М.: ЦНИГРИ, 2001.
2. *Золото мира.* — М.: Аванта, 2003.
3. *Избеков Э.Д., Разин Л.В.* Атлас морфологически классифицированных и сертификационно оцененных золотых, платиновых и серебряных самородков. — М.: Геоинформмарк, 2013.
4. *Петровская Н.В.* Самородное золото. — М.: Наука, 1973.
5. *Петровская Н.В.* Золотые самородки. — М.: Наука, 1993.
6. *Столяренко В.В.* Типоморфизм платиновых самородков // Типы районов развития россыпей. М., 1987. Вып. 211. С. 70–73 (Тр. ЦНИГРИ).
7. *Шер Л.С.* Золотые самородки России // Минералогический альманах. 1999. Вып. 1.
8. *Ювелиры Якутии на рубеже веков.* — Изд. ГУП «Комдрагмет РС (Я)», 2002.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



12 января 2014 г. исполнилось 80 лет **Борису Яковлевичу Вихтеру**. После окончания в 1958 г. геологоразведочного факультета Московского института цветных металлов и золота он три года работал в Октябрьской экспедиции, занимаясь поисками радиоактивного сырья на Алданском щите и его обрамлении. В 1961 г. связал свою судьбу с ЦНИГРИ, где полвека отдал изучению геологии золоторудных месторождений, их генезису, разработке прогнозно-поисковых критериев, составлению прогнозных карт в масштабах от обзорного до детального.

Первый существенный результат исследований отражен в кандидатской диссертации «Развитие герцинского интрузивного магматизма Урупо-Лабинского района (Северный Кавказ) в связи с его золотоносностью», защищенной в 1969 г. Позднее проблема связи рудообразования с магматизмом рассматривалась им в отношении золоторудных месторождений Узбекистана, Тянь-Шаня, Урала. Главные же достижения получены при изучении золоторудных месторождений в терригенно-сланцевых толщах на основе собственных полевых исследований в Узбекистане, Таджикистане и обобщения литератур-

ных данных. Б.Я.Вихтером систематизированы характеристики и обстановки локализации подобных месторождений, разработаны их геолого-генетические модели, что способствовало успешному решению прогнозно-поисковых задач. На основе 100 крупнейших месторождений мира им проанализировано состояние перспектив минерально-сырьевой базы золота.

Большой опыт полевых работ и вдумчивость Бориса Яковлевича как исследователя приводили его к интересным открытиям в смежных областях геологии. В Южном Тянь-Шане в соавторстве с С.Д.Шером им были выявлены олистостромы, позволившие по-новому понять геологию этого горного сооружения. Работая в Афганистане петрографом (1973–1975 гг.), при просмотре шлифов он заметил сходство изучаемых пород с карбонатитами, описанными для вулканов Африки. Проверка предположения на местности привела к обнаружению карбонатитового плиоцен-четвертичного вулкана — первого на территории Азии такого типа. История этого открытия описана в ведущих научных журналах.

Научная деятельность Б.Я.Вихтера характеризуется большой тщательностью. Результаты исследований отражены в многочисленных геологических отчетах, методических руководствах, статьях, монографиях. Его заслуги признаны геологической общественностью: он обладатель знаков «Отличник разведки недр», «Почетный разведчик недр», грамот отраслевого министерства и института. Особенно хочется отметить личные качества Бориса Яковлевича — глубокую порядочность, доброжелательность, стремление помочь коллегам.

Поздравляем Бориса Яковлевича с юбилеем! Желаем здоровья, крепкого духа в преодолении всех трудностей, продолжения радостей творчества.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Дирекция ЦНИГРИ
Коллеги, друзья*

Порядок оформления статей, представляемых в журнал «Руды и металлы»

Статьи, поступившие в редакцию, проходят экспертизу членов редколлегии и направляются на рецензию

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.

Образец оформления статьи

УДК 553.411:549.74

© И.З.Исакович, 2011

КАРБОНАТНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ НА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ И ЕЕ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ И.З.Исакович (ФГУП «ЦНИГРИ»)

Впервые на золоторудных месторождениях, залегающих в терригенных черносланцевых толщах, систематизирован материал по изменчивости состава железомagneзиальных карбонатов в рудных зонах и околорудном пространстве. В зависимости от степени метаморфизма рудовмещающих пород в распределении железомagneзиальных карбонатов выявлены элементы различных типов зональности (прямой и обратной). Приводятся примеры практического использования изменчивости состава карбонатов в поисковых целях (5–7 предложений).

Ключевые слова: черносланцевая терригенная толща, железомagneзиальные карбонаты, латеральная зональность, минералогические ореолы, поисковые критерии (не более 5–7 слов).

Исакович Ирина Зигмундовна, metallogeny@yandex.ru

CARBONATE MINERALIZATION AT GOLD DEPOSITS IN TERRIGENOUS BLACK-SHALE SEQUENCES, AND ITS IMPLICATIONS FOR PROSPECTING

I.Z.Isakovich

Composition variability data on ferrous-magnesian carbonates in ore zones and near-ore mineralogical aureoles were first systematized for gold deposits localized in terrigenous black-shale sequences. Elements of different zonality types (direct and opposite) were revealed in ferrous-magnesian carbonate compositions. Examples of carbonate composition variability use in prospecting-exploration work are presented.

Key words: black-shale terrigenous sequence, ferrous-magnesian carbonate, lateral zonality, mineralogical aureole, prospecting-exploration criterion.

2. К статье прилагаются сведения об авторе (авторах) — имя, отчество, фамилия, место работы, должность, ученая степень, ученое звание, адрес для переписки, телефон, e-mail.