

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

№ 1 / 2019

Основан в марте 1933 года

Журнал выходит шесть раз в год

УЧРЕДИТЕЛИ



Министерство природных ресурсов и экологии
Российской Федерации



Российское геологическое общество



Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главные редакторы: С.А.Аксенов
А.И.Иванов

Н.В.Милетенко (зам. главного редактора),
Т.М.Папеско (зам. главного редактора),
А.И.Черных (зам. главного редактора)

Е.М.Аксенов, А.И.Варламов, С.С.Вартанян,
А.И.Жамойда, А.А.Кременецкий, М.И.Логвинов,
Г.А.Машковцев, Н.В.Межеловский, И.Ф.Мигачев,
А.Ю.Розанов, Г.В.Седельникова, И.Г.Спиридонов,
В.И.Старостин, Е.Г.Фаррахов

Содержание

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Аксенов С.А.

Основные результаты геологоразведочных работ на твёрдые полезные ископаемые в 2018 г. и задачи на 2019 г. 3

*Иванов А.И., Черных А.И., Алексеев Я.В.,
Конкина О.М., Котельников Е.Е., Пивоварова Т.А.*
Развитие минерально-сырьевой базы золота Российской Федерации за 1976–2017 гг. 15

Голенев В.Б., Куликов Д.А.
Оценочные параметры для локализации прогнозных ресурсов 24

Куликов Д.А., Голенев В.Б.
Общие принципы квалификации прогнозных ресурсов 29

МИНЕРАГЕНИЯ

Минина О.В., Мигачёв И.Ф., Звездов В.С.
Прогнозно-металлогеническое районирование южной части Дальневосточного региона на медно-порфировое оруденение 35

ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

Галиахметова Л.Х., Быдтаева Н.Г.

Типоморфные признаки жильного кварца и их значение для прогнозирования качества кварцевых продуктов (на примере Мало-Чипикетской зоны Патомского кварценосного района, Иркутская область) 50

Рафиков Я.М., Юсупов Р.Г.
Флюоритонность раннепермской трахириолит-лейкогранитной вулcano-плутонической ассоциации (Срединный Тянь-Шань) 59

Парада С.Г.
Выявление геохимической зональности эндогенного оруденения по вторичным ореолам рассеяния на примере Зыгиркольской зоны (Северный фланг Тырныаузского рудного узла) 68

Петроченков Д.А., Барабошкин Е.Ю.
Коллекционные, интерьерные и ювелирные аммониты из отложений нижнего апта Ульяновской области 79

Информация о IX международной научно-практической конференции 89

Редакция: *Т.М.Панеско, А.П.Фунтикова*
Компьютерная верстка *А.В.Кондратьев*

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий

Подписано в печать 20.02.2019

Адрес редакции: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1
Телефон: (495) 315-28-47. Факс: (495) 315-43-47. E-mail: ogeo@tsnigri.ru

Сайт: http://tsnigri.ru/o_geology

Сайт электронной библиотеки: <http://elibrary.ru>

Типография ФГБУ ЦНИГРИ

Основные результаты геологоразведочных работ на твёрдые полезные ископаемые в 2018 г. и задачи на 2019 г.

С.А.АКСЕНОВ (Федеральное агентство по недропользованию; 125993, г. Москва, ул. Б. Грузинская, 4/6, ГСП-3)

Аксенов Сергей Алексеевич



saksenov@rosnedra.gov.ru

The main results of geological prospecting for nonfuel minerals in 2018 and some tasks for 2019

S.A.AKSENOV (The Federal Subsoil Resources Management Agency)

Как и в предыдущие годы, геологоразведочные работы (ГРП) на твёрдые полезные ископаемые за счёт средств федерального бюджета проводились единственным подрядчиком на выполнение работ – АО «Росгеология».

В соответствии с принятой корректировкой государственной программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов» геологоразведочные работы в основном были направлены на высоколиквидные, в том числе стратегические, полезные ископаемые – алмазы, благородные и цветные металлы, доля которых в общем объёме финансирования составила 74% (рис. 1).

Структура затрат на ГРП недропользователей также в целом соответствует затратам бюджета. Отличием является значительно больший объём работ на уголь и алмазы.

Как и ранее, работы из всех источников финансирования были сосредоточены преимущественно в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах.

В 2018 г. ГРП на твёрдые полезные ископаемые за счёт средств федерального бюджета проводились на 23 переходящих и 11 завершающихся объектах. Среди последних – 8 с перенесёнными обязательствами 2017 г. (рис. 2).

Из наиболее значимых результатов геологоразведочных работ необходимо отметить следующие.

Так, в старейшем горнорудном районе Магаданской области в пределах Верхне-Хакчанского рудного поля (рис. 3) в результате проведения горно-буровых работ околурудная зона «Основная» со средней ствовой мощностью 13 м и протяжённостью около 4,3 км при среднем содержании золота 2,2 г/т. Проведён предварительный подсчёт запасов по категориям C_1 и C_2 , составляющих суммарно 35 т. Кроме того, по итогам работ будут оценены прогнозные ресурсы категории

P_1 . Работы завершаются в 2019 г. Однако полученные результаты уже сейчас позволяют рассчитывать на выявление среднего по масштабам золоторудного месторождения.

В пределах Какадур-Ламардонской рудной зоны в Республике Северная Осетия – Алания по результатам горно-буровых работ выявлены потенциальные рудные тела (рис. 4) с промышленными золото-сульфидно-кварцевыми рудами (содержание золота составляет в среднем 3 г/т при бортовом – 0,5 г/т). Здесь по окончании работ в 2019 г. ожидается выявление среднего по масштабам месторождения рудного золота с перспективой наращивания его запасов.

В Хабаровском крае на Понийском перспективном участке в 2018 г. завершились поисковые работы на золото-кварцевое и золото-медно-порфировое оруденение (рис. 5). Выявлены и предварительно околурудные крупнообъёмные зоны золото-медных прожилково-вкрапленных руд, локализованы прогнозные ресурсы золота и меди категории P_1 (рудопоявление Медное, зона Ольховая). Прирост прогнозных ресурсов категорий P_1 составил: **золота** – 95 т и **меди** – 714 тыс. т.

Доля затрат на проведение геологоразведочных работ за счёт средств федерального бюджета в настоящее время составляет 14% от общего объёма, и основная нагрузка на воспроизводство минерально-сырьевой базы страны ложится на недропользователей. Начиная с 2014 г. наблюдается положительная тенденция финансирования недропользователями геологоразведочных работ (рис. 6). Возросшие затраты связаны в первую очередь с увеличением финансирования на благородные металлы, в меньшей степени – на уголь и неметаллические полезные ископаемые.

На рис. 7 представлены параметры наиболее крупных месторождений, запасы которых поставлены на

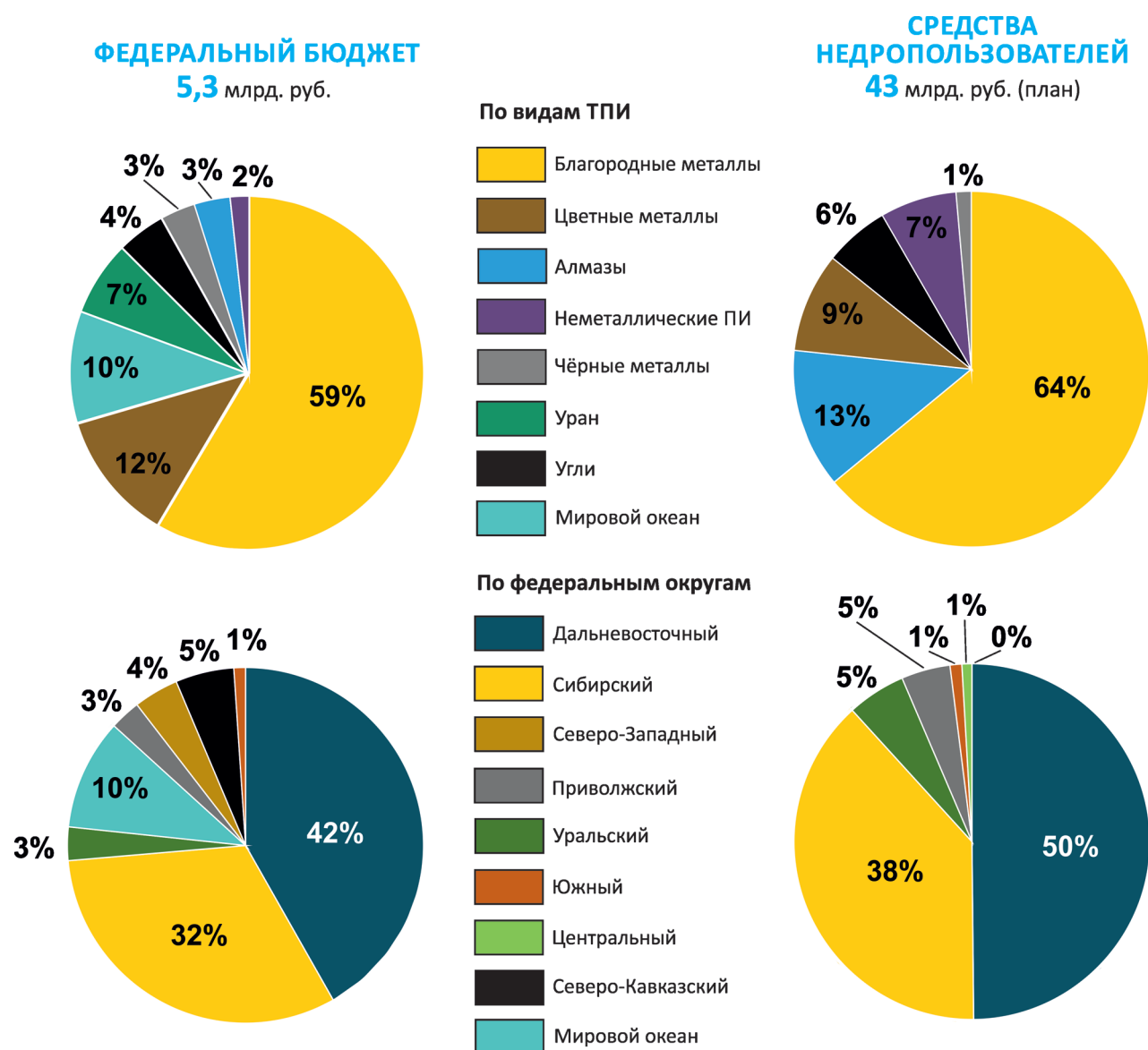


Рис. 1. Структура затрат на проведение ГРП в 2018 г.

Госбаланс в 2018 г. Всего же впервые на Госбаланс поставлены запасы 88 месторождений, из них:

золото – 56, в том числе россыпных – 48;
 неметаллические ПИ – 21;
 серебро – 1;
 уголь – 7;
 полиметаллы – 1;
 алмазы россыпные – 1;
 МПГ – 1.

Наиболее значимыми объектами являются (см. рис. 7):

месторождение коренного золота Тамуньерское в Свердловской области;

Юго-Западный участок Сырадасайского каменно-угольного месторождения в Красноярском крае;

Северо-Красноборский участок калийных солей в Калининградской области.

По итогам ГРП, проводимых в период 2013–2018 гг., получены приросты запасов, обеспечивающие простое и расширенное воспроизводство ряда полезных ископаемых, среди которых и стратегические виды полезных ископаемых такие, как хромовые руды, золото,



Рис. 2. Завершённые в 2018 г. и переходящие на 2019 г. объекты ГРП за счёт средств федерального бюджета:

завершённые: 1 – алмазы; металлы: 2 – чёрные, 3 – цветные и 4 – благородные; 5 – объекты с перенесёнными обязательствами; переходящие: 6 – алмазы; металлы: 7 – чёрные, 8 – цветные и 9 – благородные; 10 – уран; 11 – уголь

платиноиды, никель (рис. 8). В 2018 г. по результатам ГРП получены превышающие добычу из недр приросты запасов редких и редкоземельных металлов, меди, молибдена.

Нельзя не отметить положительную динамику воспроизводства коренного золота за последние 10 лет (рис. 9). Несмотря на пятикратное увеличение золотодобычи в Российской Федерации со времён СССР, за последний период наблюдается как минимум простое воспроизводство запасов. При этом наибольший объём добычи золота из коренных объектов, в 2017 г. на уровне 283 т, обеспечен 175 разрабатываемыми месторождениями и в равной степени базируется на запасах, поставленных на баланс как в советское, так и постсоветское время. На долю впервые открытых в России месторождений приходится 6% объёма добычи. Причём отмечается отчётливая тенденция по увеличению добычи, несмотря на снижающиеся средние содержания золота в рудах всех типов месторождений.

С начала действия «заявительного» принципа лицензирования с целью геологического изучения недр выдано 1943 лицензии, причём 41% из них – в 2018 г.

(рис. 10), что подтверждает стабильный интерес недропользователей к ранним стадиям геологоразведочных работ. Общая стоимость рассмотренных на сегодняшний день проектов ГРП составляет 65,4 млрд. руб., что позволит в среднесрочной перспективе увеличить объёмы ГРП в денежном и физическом выражении, снизить бюджетные затраты, увеличить количество открытий новых месторождений и, как следствие, внести значительный вклад в расширение минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых. Важным представляется то, что в 2018 г. принято решение о расширении действия «заявительного» принципа на участки недр, не содержащие запасы полезных ископаемых на территории Дальневосточного федерального округа, что, по нашему мнению, также позволиткратно увеличить показатели воспроизводства минерально-сырьевой базы.

На территории России геологоразведочные и добычные работы ведутся силами более чем 2700 компаний на 6333 участках недр (рис. 11). Геологическое изучение недр в рамках «заявительного» принципа осуществляется на 26% всех лицензированных объектов, в первую очередь – на площадях, перспективных на

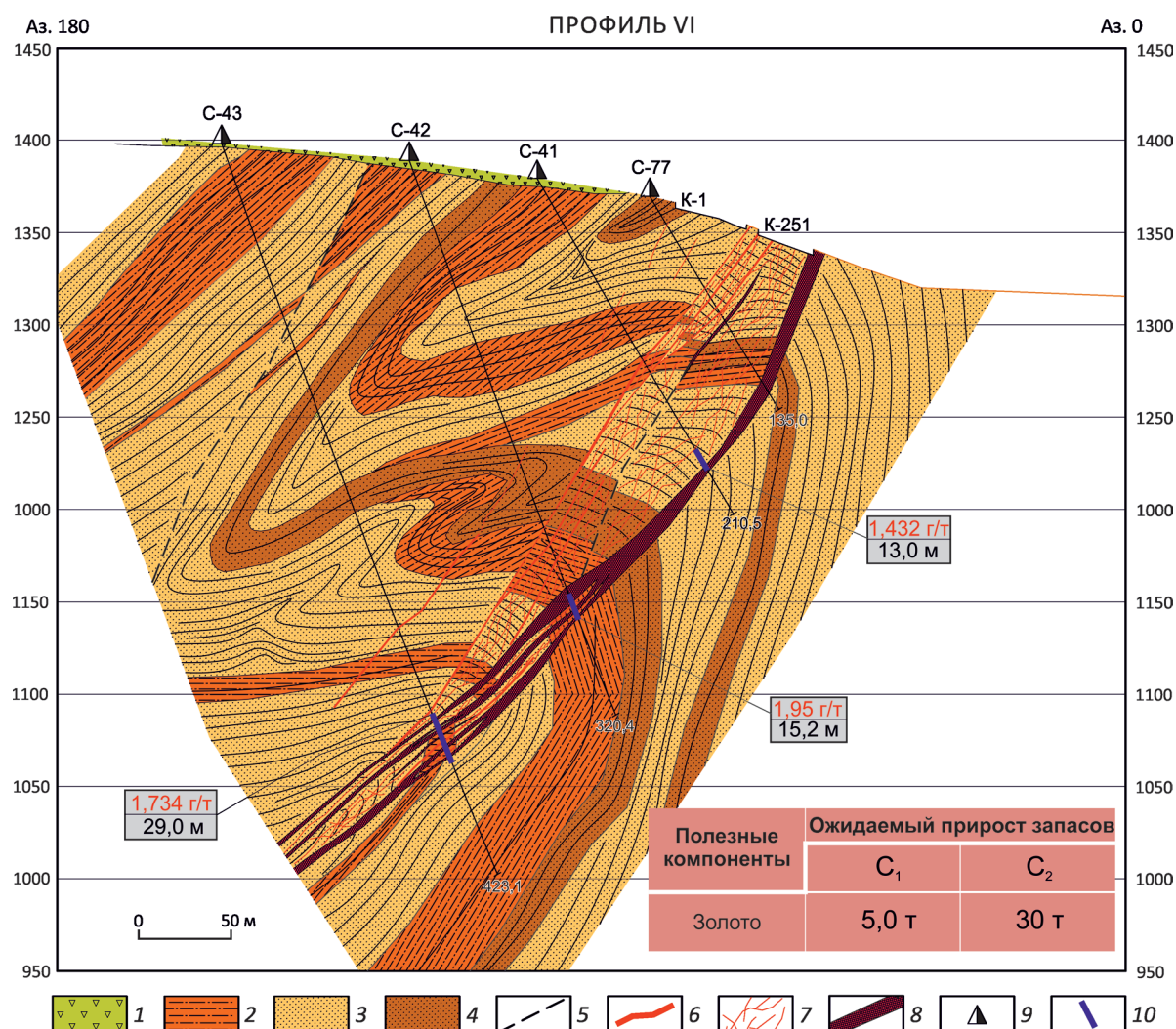


Рис. 3. Геологический разрез рудной зоны «Основная» рудопроявления Верхний Хакчан:

1 – делювиальные и элювиальные рыхлые отложения; 2 – алевролиты и песчаные алевролиты с редкими прослоями песчаников; 3 – алевропесчаники и ритмичные переслаивания песчаников и алевролитов; 4 – существенно песчаные пачки пород: песчаники полимиктовые от мелко- до крупнозернистых с немногочисленными прослоями алевролитов; 5 – тектонические нарушения; 6 – кварцевые жилы и брекчии; 7 – зоны интенсивного кварцевого и карбонат-кварцевого прожилкования; 8 – минерализованные зоны дробления-смятия; 9 – устье скважины и её номер; 10 – рудное пересечение по стволу скважины: числитель – средневзвешенное содержание золота (г/т), знаменатель – стволовая мощность пересечения (м); рудные интервалы выделены по следующим кондиционным параметрам: бортовое содержание – 0,8 г/т, минимальная мощность рудного тела – 2 м, максимальная мощность пустого прослоя – 4 м

выявление россыпного золота и неметаллических полезных ископаемых.

Доля затрат на выполнение поисковых и оценочных работ в общей структуре внебюджетного финансирования ГРП в 2017 г. составила 46%, увеличившись по сравнению с 2015 г. на 29% (рис. 12). Прирост объёмов финансирования практически полностью обеспечивается увеличением вложений в геологическое изучение

площадей, предоставленных в пользование по «заявительному» принципу. Ожидается, что в 2018 г. он составит около 30%.

С начала действия заявительного механизма, а это пока по геологическим меркам крайне короткий период, в результате проведённых работ открыто более 60 месторождений ТПИ. Получены приросты запасов россыпного и коренного золота, янтаря, поваренной и

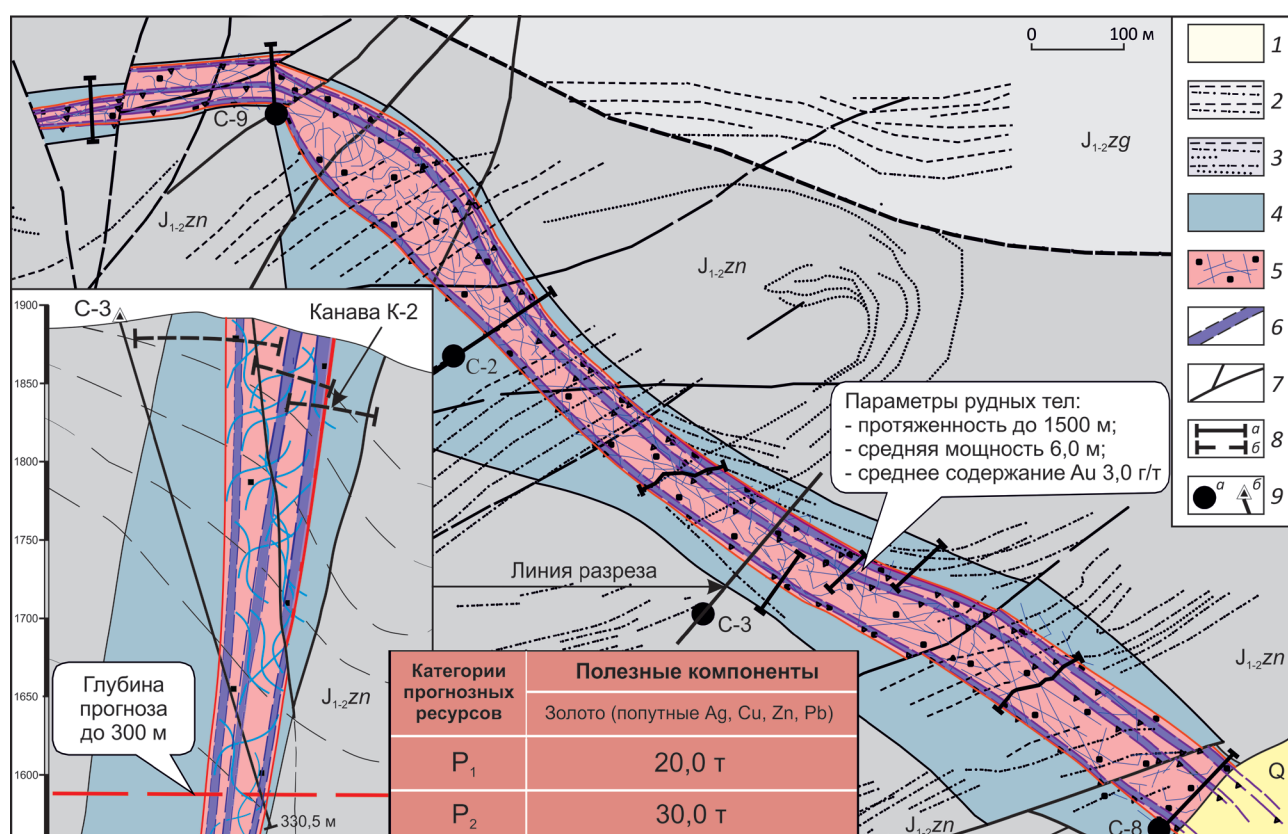


Рис. 4. План и разрез Какадур-Ламардонской рудной зоны:

1 – четвертичные аллювиальные и гляциальные отложения (валуны, пески, глины, суглинки), Q; 2 – комплекс среднеюрских аргиллит-сланцевых отложений (згидская свита), J₁₋₂zg; 3 – комплекс углеродистых флишеидных ранне-среднеюрских песчано-алевролит-аргиллитовых отложений (зинцарская свита), J₁₋₂zn; 4 – зона тектонических (рассланцевание, брекчирование) и метасоматических (окварцевание, серицитизация, карбонатизация, сульфидизация) преобразований пород, включающая золото-сульфидно-кварцевую минерализацию (минерализованная зона); 5 – зона интенсивного жильно-прожилкового окварцевания и прожилково-вкрапленной сульфидизации (пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит) с повышенным содержанием золота (более 0,1 г/т) и попутных Ag, Cu, Zn, Pb (рудная зона, включающая штокерковую золото-сульфидно-кварцевую минерализацию); 6 – рудные тела, представленные золото-сульфидно-кварцевой минерализацией с рудными содержаниями золота (более 0,5 г/т) и попутных компонентов (Ag, Cu, Zn, Pb); 7 – разломы; 8 – каналы: а – на плане, б – на разрезе; 9 – скважины поискового бурения: а – в плане, б – в разрезе

калийной солей, формовочных песков и угля. Это мелкие или с простым геологическим строением объекты, которые удалось изучить в короткие сроки. Основную отдачу от реализации этой программы следует ожидать в последующие годы.

Плановые показатели ГП ВИПР (её утверждённой корректировки) в 2018 г. с учётом ожидаемых приростов прогнозных ресурсов накопительным итогом будут выполнены по 18 видам ТПИ из 30 (рис. 13). Среди них: вольфрам, никель, титан, стекольные пески, редкоземельные металлы и другие полезные ископаемые. Кроме того, за счёт средств федерального бюджета за-

вершены работы, проводимые в рамках подпрограммы Минпромторга «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов». В 2018 г. в ГКЗ утверждены запасы двух крупных редкометалльных месторождений – Томторское (участки Южный и Северный) и Чуктуконское.

Плановые показатели в части запасов ТПИ с учётом приростов, полученных недропользователями в 2018 г., будут выполнены в полном объёме по 19 видам (уголь, золото, МПГ, молибден, уран и другие).

Устоявшееся снижение объёмов бюджетного финансирования ГРП (рис. 14) приводит к фактически рваной

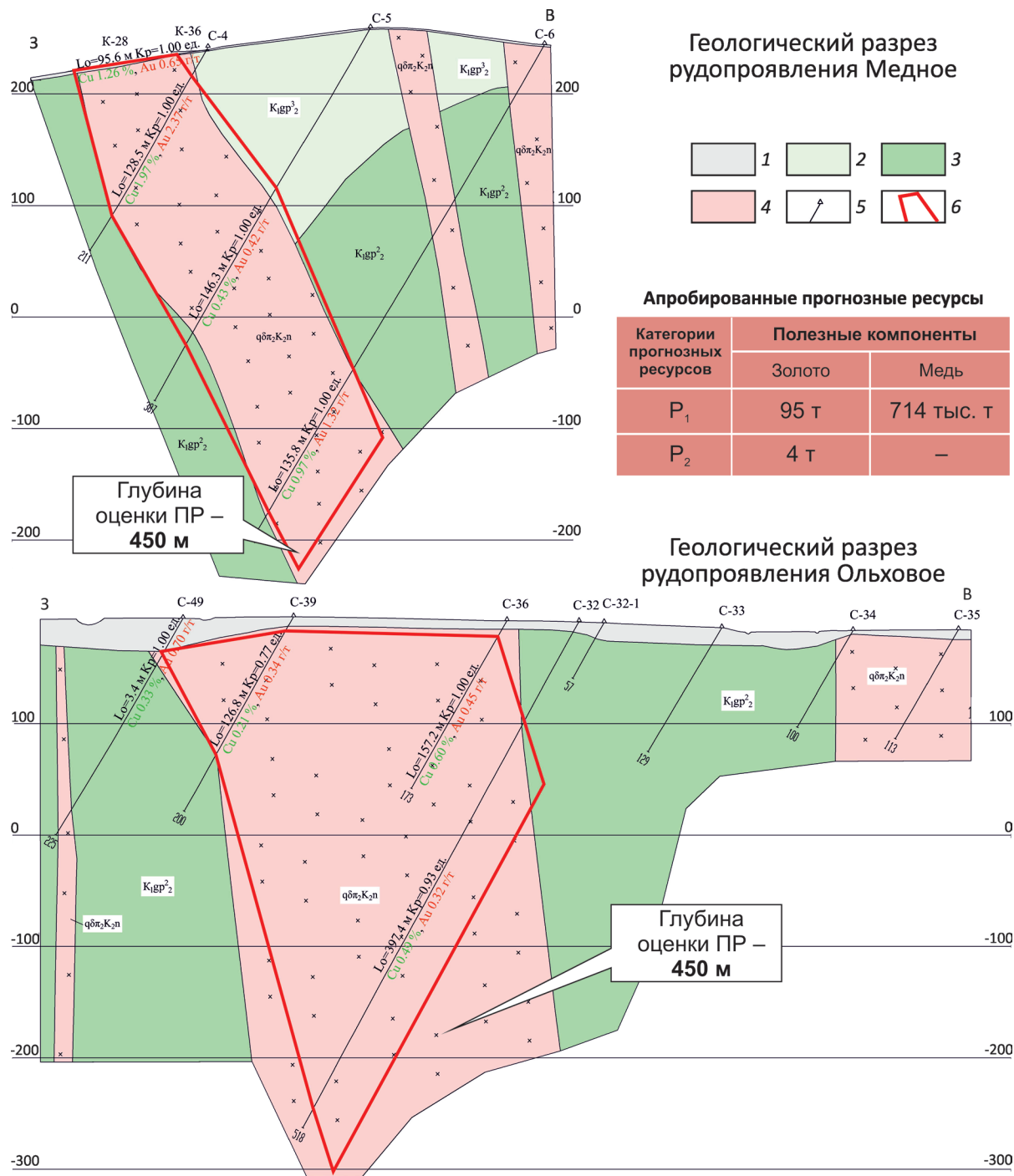


Рис. 5. Поисковые работы на золото-кварцевое и золото-медно-порфировое оруденение на Понийском перспективном участке (Хабаровский край):

1 – четвертичные отложения нерасчленённые: пески, глины, галечники, гравийники, валуны, илы (αQ_4); апт-альб, горно-протокская свита: верхняя толща: 2 – верхняя пачка, песчаники с прослоями алевропесчаников, туфопесчаников, гравелитистых туфов андезитов, андезитов, туфогравелитов, туфоконгломератов (K_1grp_2), 3 – средняя пачка, переслаивание песчаников, алевролитов с горизонтами и линзами тонкослоистых алевролитов и песчаников, туфогравелитов (K_1grp_2); позднемиоценовые интрузии, нижнеамурский интрузивный комплекс (qdp_2K_2n): 4 – вторая фаза, кварцевые диоритовые порфиры, диоритовые порфиры (δp_2), кварцевые диориты ($q\delta$); 5 – скважины, их номера и глубина бурения; 6 – контур оценки прогнозных ресурсов категории P₁; средние параметры пересечения: Lo – общая длина, K_г – коэффициент рудоносности, средние содержания меди и золота

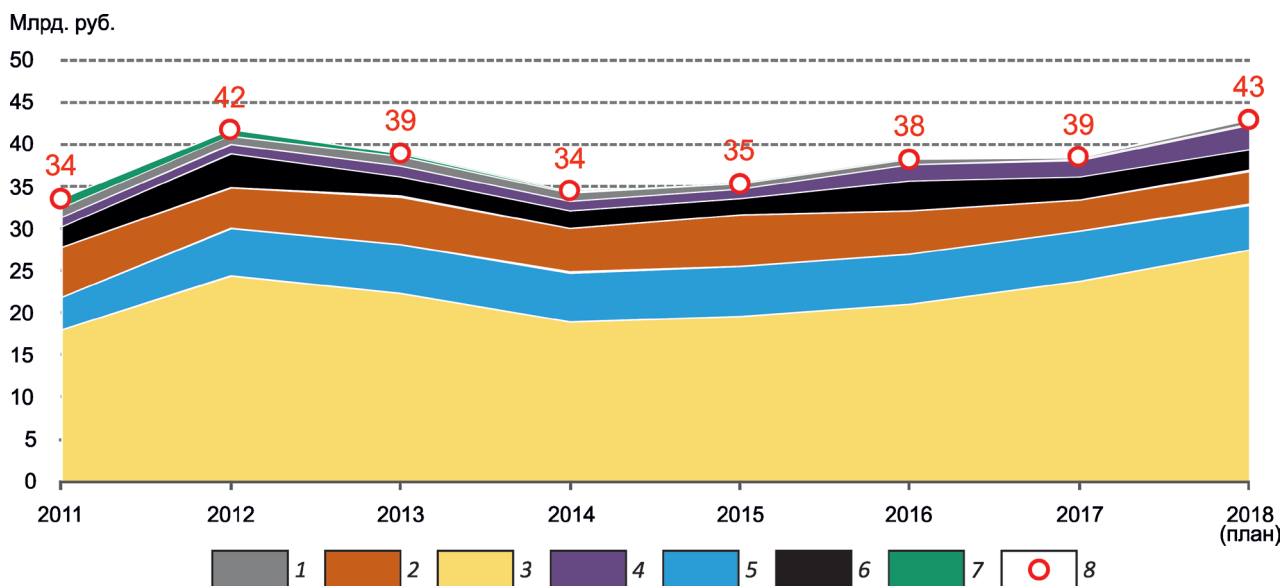


Рис. 6. Динамика объёмов финансирования ГРП на ТПИ за счёт собственных средств недропользователей в 2011–2018 гг., млрд. руб.:

металлы: 1 – чёрные, 2 – цветные и 3 – благородные; 4 – неметаллические полезные ископаемые; 5 – алмазы; 6 – угли; 7 – уран; 8 – всего

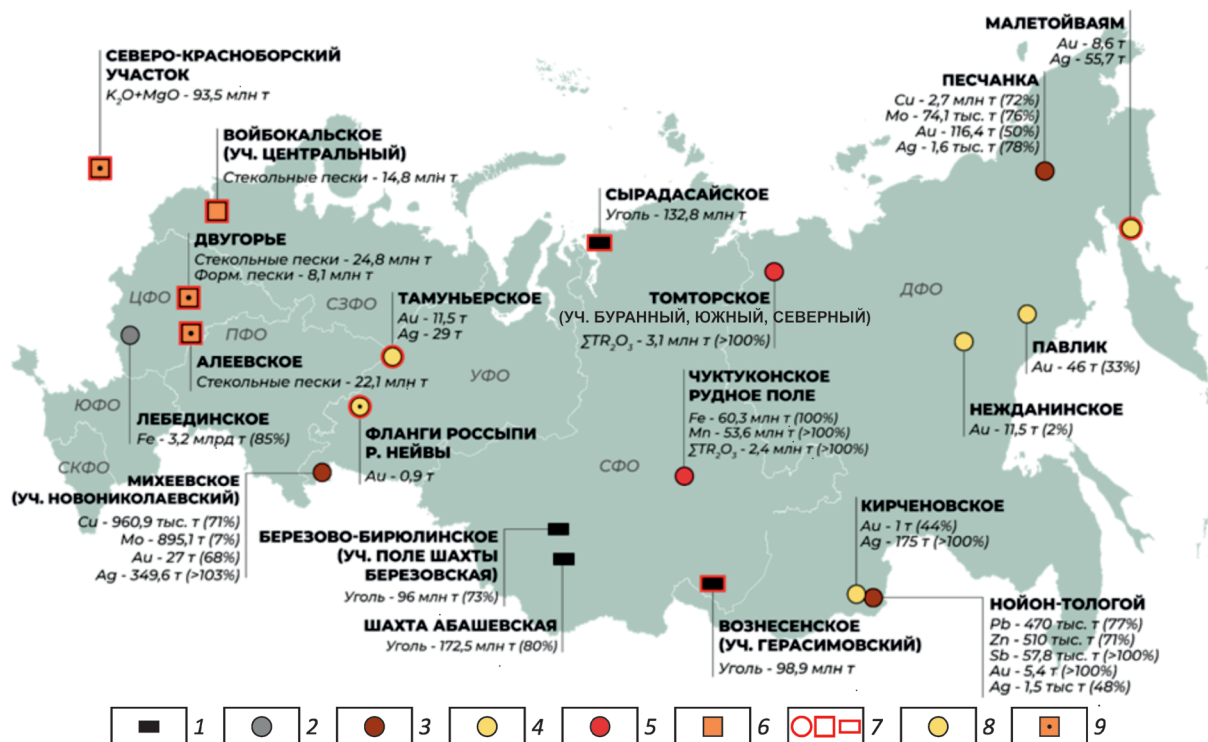


Рис. 7. Основные результаты ГРП (прирост запасов категорий ABC_1+C_2), выполнявшихся за счёт средств недропользователей в 2018 г.:

1 – уголь; металлы: 2 – чёрные, 3 – цветные, 4 – благородные и 5 – редкие; 6 – неметаллические полезные ископаемые; 7 – впервые поставленные на ГБЗ; по «заявительному» принципу (Приказ №583): 8 – благородные металлы, 9 – неметаллические полезные ископаемые

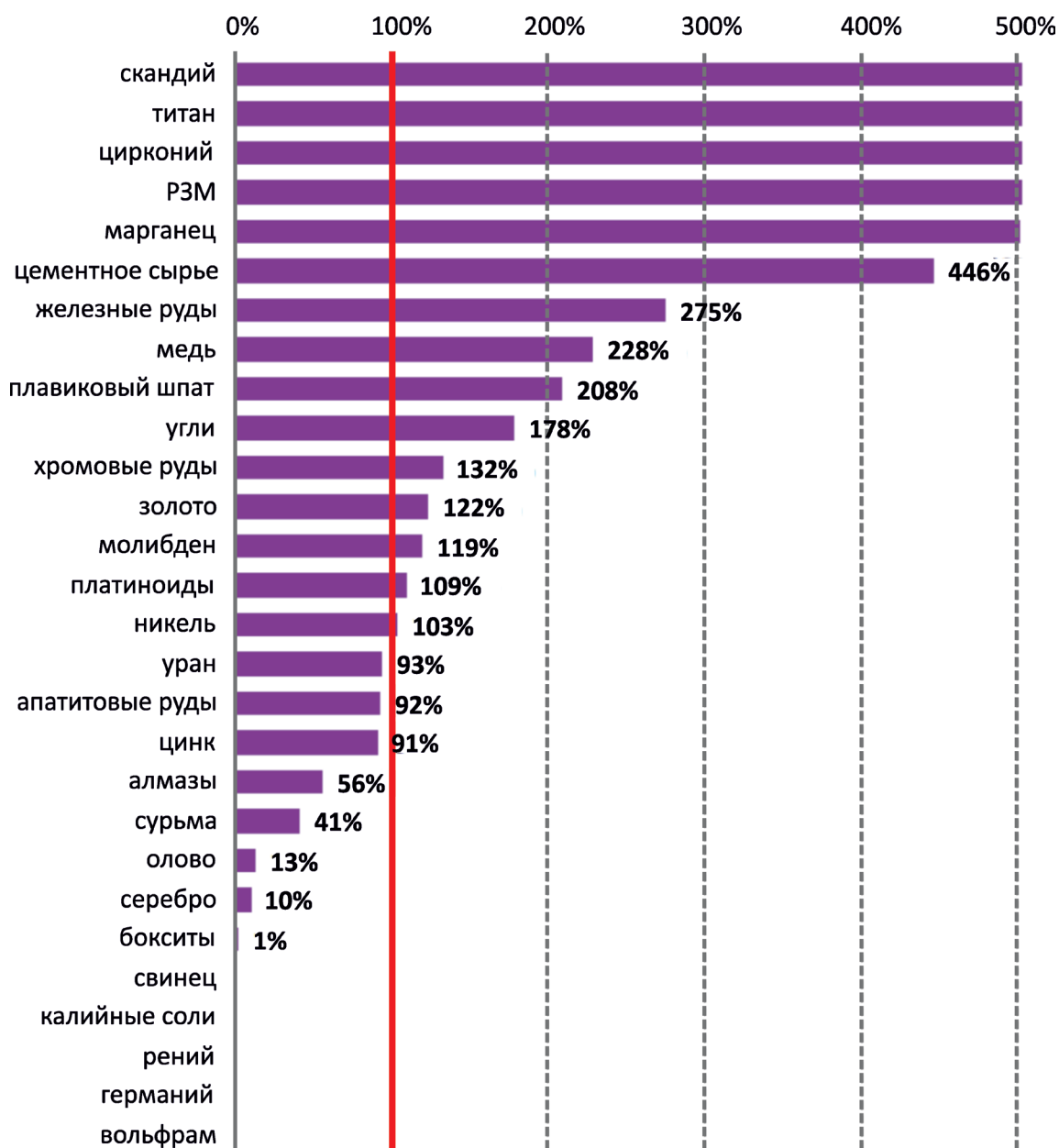


Рис. 8. Показатели воспроизводства МСБ основных видов ТПИ (отношение прироста запасов к добыче из недр), достигнутые по результатам ГРП 2013–01.11.2018 гг., %

системе планирования работ и обуславливает неравномерность достижения плановых показателей ГП ВИПР. Так, в 2018 г. завершаются 14 объектов на ТПИ, при этом 8 из них с перенесёнными обязательствами 2017 г., в то время как количество вводимых новых объектов составило 42. В 2019 г. постановка новых объектов не планируется.

Основными направлениями работ традиционно будут являться геологоразведочные работы на благород-

ные и цветные металлы, в меньшей степени – на уран, чёрные металлы, уголь, алмазы и неметаллические полезные ископаемые. В 2019 г. подавляющая часть объектов как завершающихся, так и переходящих будет реализована на территории Дальневосточного и Сибирского федеральных округов (рис. 15).

Для эффективной работы по обозначенным направлениям и достижению показателей ВМСБ в 2019 г. и в ближайшей перспективе необходимо:

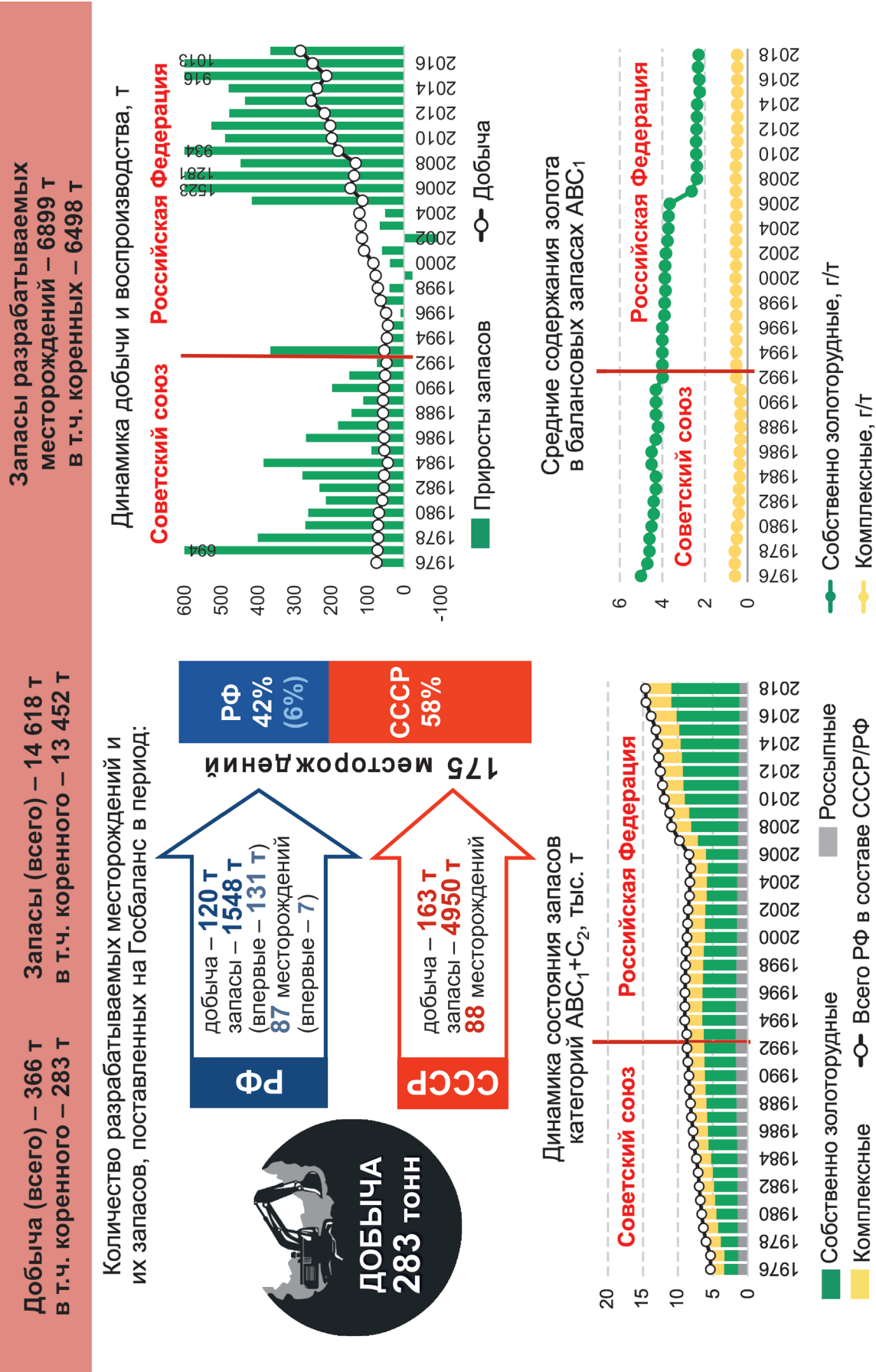


Рис. 9. Обзор добычи и воспроизводства МСБ на примере коренного золота по состоянию на 01.01.2018 г.

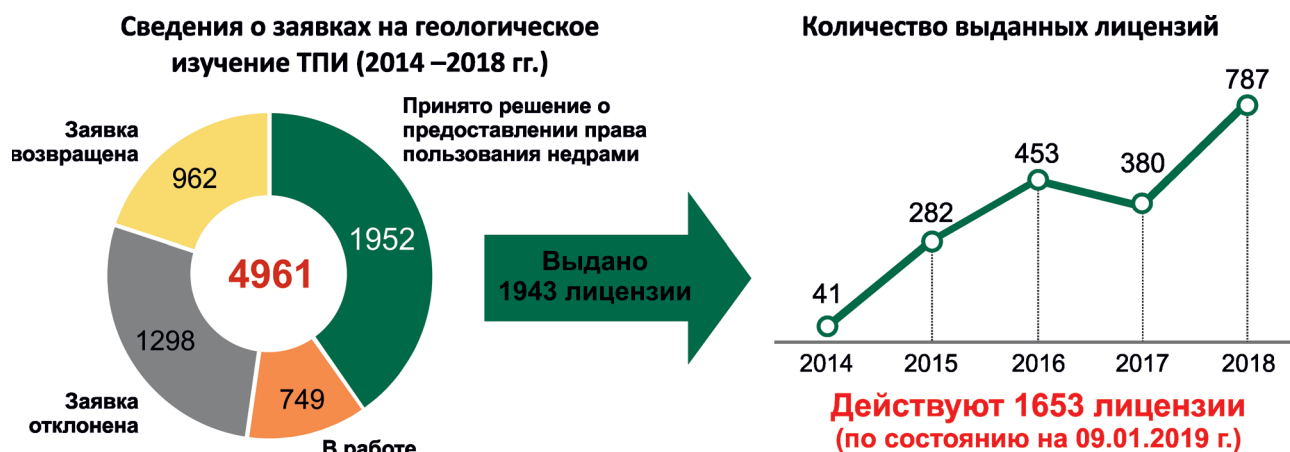


Рис. 10. Результаты реализации «заявительного» принципа лицензирования участков недр

1. Качественно улучшить организацию проведения работ за счёт средств федерального бюджета единственным исполнителем мероприятий по воспроизводству минерально-сырьевой базы ТПИ – АО «Росгеология».

2. Продолжить расширение «заявительного» принципа и обеспечить необходимое сопровождение функционирования юниорных компаний.

Перечисленные мероприятия будут способствовать достижению показателей ГП ВИПР и расширенному воспроизводству минерально-сырьевой базы стратегических и наиболее востребованных ТПИ.

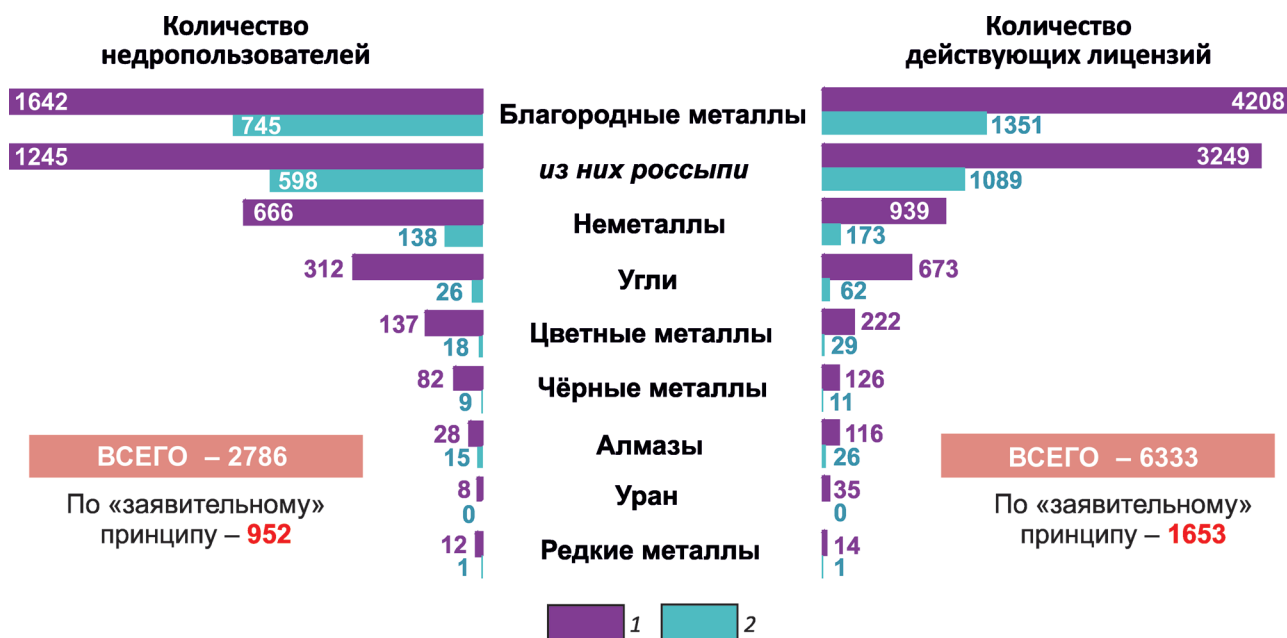


Рис. 11. Количество действующих лицензий на право пользования недрами, в том числе выданных по «заявительному» принципу, и недропользователей, ведущих ГРП и добычу на территории России (по состоянию на 09.01.2019):

1 – всего; 2 – по «заявительному» принципу

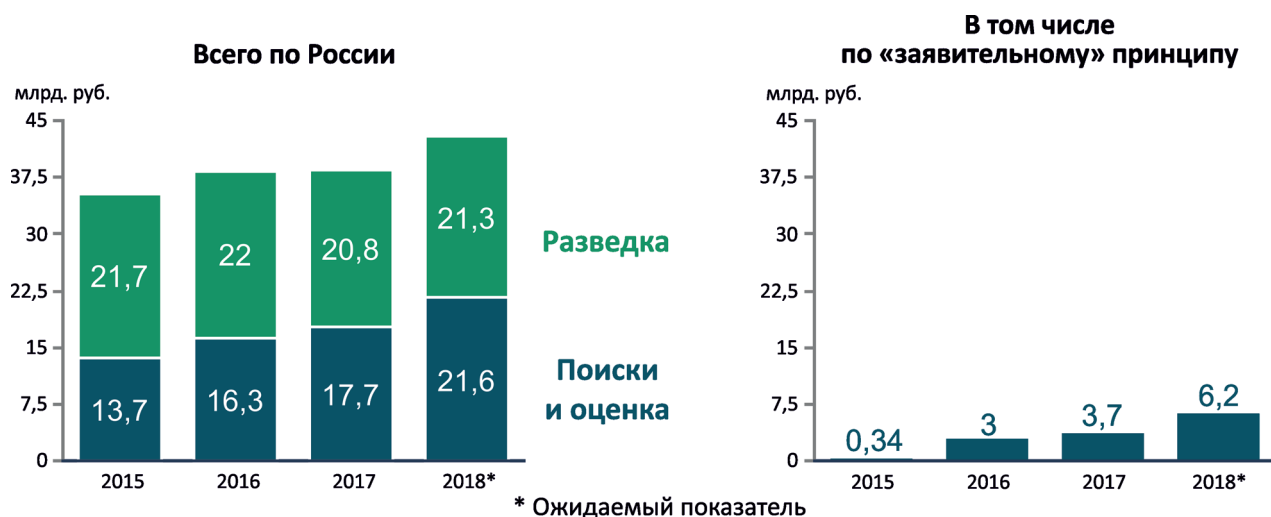


Рис. 12. Структура финансирования ГРП на ТПИ за счёт собственных средств недропользователей в 2015–2018 гг. по стадиям работ

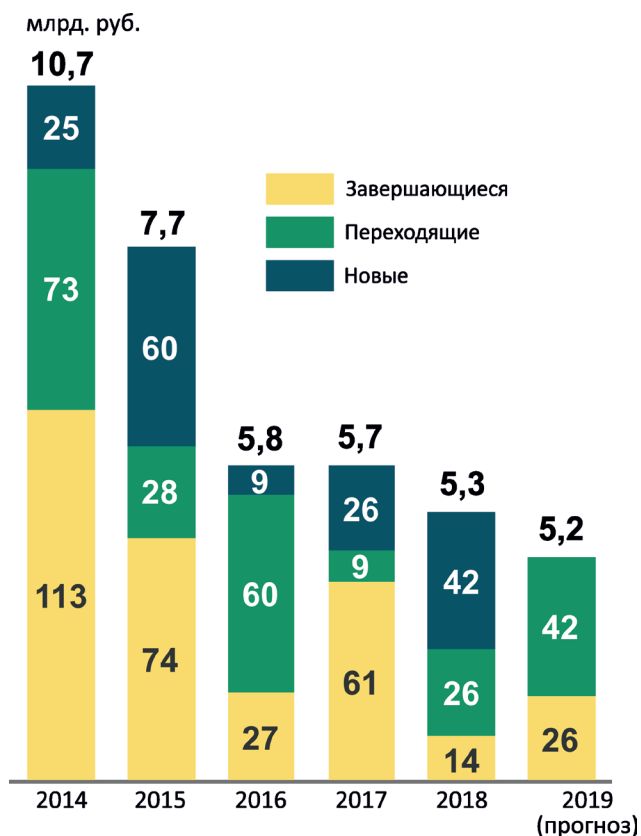
Выполнение итоговых показателей прироста прогнозных ресурсов категории P_1+P_2 , (нарастающий итог по состоянию на 01.11.2018, %)



Процент выполнения итоговых показателей прироста запасов категории ABC_1+C_2 , (нарастающий итог по состоянию на 01.11.2018, %)



Рис. 13. Выполнение подпрограммы 1 «Воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр» государственной программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов» в части твёрдых полезных ископаемых



Направления работ в 2019 г.

Вид полезного ископаемого	Объем финансирования, млрд. руб.	Количество объектов
Благородные металлы	3,0	41
Алмазы	0,2	2
Цветные металлы	0,7	7
Уран	0,4	5
Чёрные металлы	0,2	2
Уголь	0,2	3
Неметаллические полезные ископаемые	0,1	2
Мировой океан	0,5	6

Рис. 14. Особенности планирования ГРП на ТПИ в 2019 г.



Рис. 15. Завершающиеся и переходящие объекты ГРП за счёт средств федерального бюджета в 2019 г.:

завершающиеся: 1 – алмазы; металлы: 2 – чёрные, 3 – цветные и 4 – благородные; 5 – уран; 6 – уголь; переходящие: 7 – цветные и 8 – благородные металлы; 9 – неметаллические полезные ископаемые; 10 – уран; 11 – уголь

Развитие минерально-сырьевой базы золота Российской Федерации за 1976–2017 гг.

А.И.ИВАНОВ, А.И.ЧЕРНЫХ, Я.В.АЛЕКСЕЕВ, О.М.КОНКИНА, Е.Е.КОТЕЛЬНИКОВ, Т.А.ПИВОВАРОВА (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Показаны структура минерально-сырьевой базы (МСБ) золота в Российской Федерации, динамика его запасов и добычи в период 1976–2017 гг. Проведён анализ запасов и добычи рудного золота по двум группам золоторудных месторождений: выявленных в «Советский период» (РФ в составе СССР – за 1976–1991 гг.) и поставленных на Государственный учёт в «Российский период» (после распада СССР – за 1992–2017 гг.). Установлена доля каждой группы в запасах на 01.01.2018 г. и добыче в 2017 г.

Ключевые слова: МСБ золота, запасы, добыча, «Советский период», «Российский период», месторождения, содержания золота.

Иванов Анатолий Иннокентьевич
доктор геолого-минералогических наук

a.ivanov@tsingri.ru

Черных Александр Иванович
кандидат геолого-минералогических наук

chernykh@tsingri.ru

Алексеев Ярослав Владимирович
кандидат геолого-минералогических наук

alekseev@tsingri.ru



Конкина Ольга Михайловна
кандидат геолого-минералогических наук

okonkina@tsingri.ru

Котельников Евгений Евгеньевич
кандидат геолого-минералогических наук

kotelnikov@tsingri.ru

Пивоварова Татьяна Анатольевна

pivovarova@tsingri.ru

The Russian gold mineral base development for 1976–2017

A.I.IVANOV, A.I.CHERNYKH, Ya.V.ALEKSEEV, O.M.KONKINA, E.E.KOTELNIKOV, T.A.PIVOVAROVA (Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals)

The paper presents the structure of gold mineral base (MB) in the Russian Federation, and the dynamics of its reserves and production for 1976–2017. The analysis of reserves and production of ore gold in two groups of gold deposits identified in the «Soviet period» (Russia in the USSR, for 1976–1991) and publicly certified in the «Russian period» (for 1992–2017, after the collapse of the USSR) is carried out. The share of each group in reserves as of January 1, 2018 and production in 2017 is shown.

Key words: gold MB, reserves, production, «Soviet period», «Russian period», deposits, gold content.

Золото является стратегическим видом полезных ископаемых в Российской Федерации и обладает высокой ликвидностью. Это обуславливает приоритет геолого-разведочных работ (ГРП) на золото по объёму финансирования в структуре таковых на твёрдые полезные ископаемые (ТПИ) как за средства федерального бюджета, так и за средства недропользователей (более 60% от общих затрат на ГРП на ТПИ).

В настоящей статье рассмотрены состояние МСБ золота РФ на 01.01.2018 г., её развитие за последние 40 лет как в «Советский период» (РФ в составе СССР – за 1976–1991 гг.), так и в «Российский период» (за 1992–2017 гг. – после распада СССР).

На 01.01.2018 г. общие балансовые запасы золота в РФ ($ABC_1 + C_2$) составили 14 618,2 т, в том числе по типам месторождений: в коренных собственно

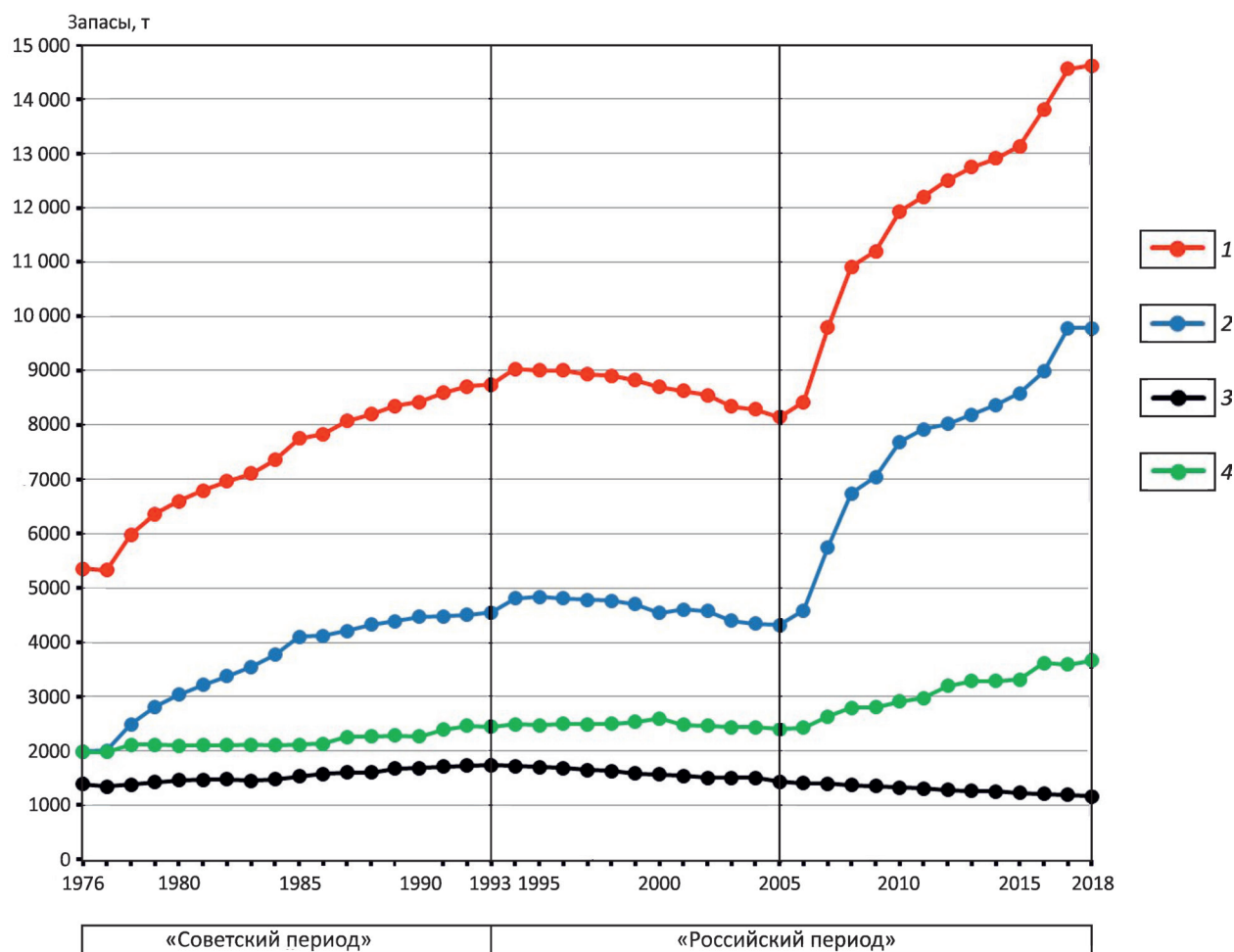


Рис. 1. Динамика запасов золота категорий ABC_1+C_2 за период 01.01.1976–01.01.2018 гг.:

запасы: 1 – общие, 2 – собственно золоторудные, 3 – россыпные, 4 – комплексные

золоторудных – 9785,9 т (405 объектов), в коренных комплексных – 3666 т (176 объектов), россыпных – 1166,3 т (5373 объекта).

Динамика общих (суммарных) запасов золота в целом и отдельно по типам месторождений с 1976 г. по 2017 г. приведена на рис. 1, на котором наглядно видны три периода, различающиеся динамикой запасов, – 1976–1992 гг., 1993–2004 гг., 2005–2017 гг. (см. таблицы 1 и 2). Совместный анализ динамики добычи (списания балансовых запасов) золота за этот период (рис. 2) и динамики запасов показывает, что в «Советский период» на фоне в общем снижающейся добычи шло наращивание балансовых запасов. В первый «Российский период» (1993–2004 гг.) происходило отчетливое «проедание» запасов (преимущественно за счёт отработки

собственно золоторудных и россыпных месторождений), усилившееся после 1999 г., когда добыча стала значительно возрастать. Затем, с 2005 г., несмотря на возрастающую добычу золота из рудных месторождений, шло наращивание их балансовых запасов. Что касается россыпных месторождений, то в «Российский период» до настоящего времени происходило постоянное снижение балансовых запасов при снижающемся тренде добычи. Хотя в последние несколько лет добыча золота из россыпных месторождений немного возрастает, их и так относительно небольшая роль в МСБ и добыче (около 8 и 20% соответственно) в целом постоянно снижается, в связи с чем в настоящем анализе МСБ золота авторами сделан упор на рудные месторождения.

1. Система показателей использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы золота (собственно золоторудные месторождения)

Показатели	1976–1992 гг.	1993–2004 гг.	2005–2018 гг.
Период, t^*	17	12	13
Добыча:			
годовая на начало периода, т	31,2	35,5	89,1
годовая на конец периода, т	27,5	97,5	242,0
индексы роста (убыли)	0,88	2,75	2,72
темпы роста (убыли), %	–0,007	0,146	0,143
накопленная добыча за период t	521,7	706,4	2131,0
средняя добыча за год	30,7	58,9	163,9
Запасы, т:			
состояние на начало периода	1986,9	4552,3	4314,3
состояние на конец периода	4552,3	4314,3	9785,9
отношение состояний запасов	2,29	0,95	2,27
Обеспеченность запасами добычи:			
на начало периода (лет)	63,68	128,23	48,42
на конец периода	165,54	44,25	40,44
Погашение запасов накопленной добычей:			
общее	0,26	0,16	0,49
среднегодовые темпы	0,02	0,01	0,04
Прирост запасов:			
общий, т	3087,1	468,4	7602,6
среднегодовые темпы	26,41	1,23	21,15
Воспроизводство запасов – коэффициент компенсации накопленной добычи приростом запасов	5,92	0,66	3,57

Примечание. * – здесь и в табл. 2 добыча золота с 1976 по 2017 гг. по периодам, запасы с 01.01.1976 по 01.01.2018 гг.

2. Система показателей использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы комплексных месторождений золота

Показатели	1976–1992	1993–2004	2005–2018
Период, t^*	17	12	13
Добыча			
годовая на начало периода, т	44	18,4	24,5
годовая на конец периода, т	20,3	24,5	41,4
индексы роста (убыли)	0,46	1,33	1,69
темпы роста (убыли), %	–0,032	0,028	0,058
накопленная добыча за период, t	484,2	248	431,7
среднегодовая добыча	28,5	20,7	33,2
Запасы, т			
состояние на начало периода	1984	2446,1	2397,1
состояние на конец периода	2446,1	2397,1	3666,1
отношение состояний запасов	1,23	0,98	1,53
Обеспеченность запасами добычи			
на начало периода (лет)	45,09	132,94	97,84
на конец периода	120,50	97,84	88,47
Погашение запасов накопленной добычей:			
общее	0,24	0,10	0,18
среднегодовые темпы	0,01	0,01	0,02
Прирост запасов:			
общий, т	946,3	199,0	1700,7
среднегодовые темпы	8,11	0,98	8,51
Воспроизводство запасов – коэффициент компенсации накопленной добычи приростом запасов	1,95	0,80	3,94

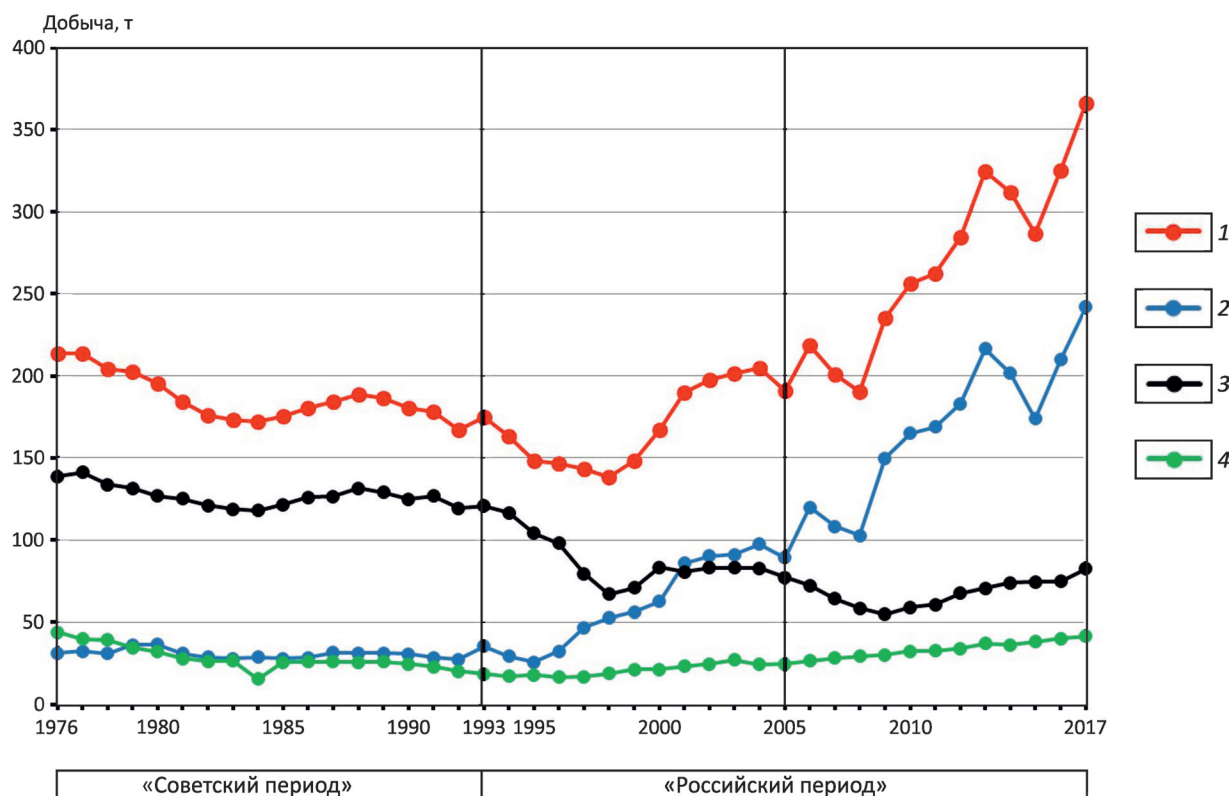


Рис. 2. Динамика добычи золота за период 1976–2017 гг.:

см. услов. обозн. к рис. 1

Для оценки структуры МСБ коренного золота в части доли в ней «старых» (разведанных до 1992 г.) и «новых» (разведанных после 1992 г.) объектов была собрана, проанализирована и обобщена информация за весь период с 1976 г. по 2018 г. Собранные сведения включают данные о собственно золоторудных (405 объектов) и комплексных золотосодержащих (176 объектов) месторождениях. Для каждой группы представлен соответствующий анализ.

Из 405 собственно золоторудных месторождений 150 были разведаны в СССР, 255 были впервые поставлены на Государственный баланс после 1992 г. (табл. 3).

Оценка движения запасов показала, что в Российский период на 150 месторождениях «Советского периода» в результате доразведки и переоценки дополнительно подготовлено 4117,6 т балансовых запасов (добыто из этих месторождений 1829,3 т золота). Следует отметить, что около 89% этих приростов запасов в результате доразведки и переоценки получено с 2005 г. на трёх крупных (Вернинское, Неждинское, Павлик) и трёх уникальных (Сухой Лог, Олим-

пиадинское, Наталкинское) месторождениях – 3665 т (табл. 4).

Из 255 собственно золоторудных месторождений, поставленных на учёт после 1992 г., 50 на 01.01.1993 г. имели апробированные «ЦНИГРИ» прогнозные ресурсы (ПР) категорий P_1 и(или) P_2 , то есть обладали довольно высокой степенью геологической изученности для последующего выявления запасов. Соответственно, 205 месторождений, запасы которых впервые поставлены на баланс в Российской Федерации, с формальных позиций были открыты за период 1993–2017 гг. (см. таблицы 3 и 5).

Для определения вклада геологоразведочных работ, проведённых до 01.01.1993 г., на остальных 205 собственно золоторудных месторождениях, отнесённых к «Российскому периоду», по которым на 01.01.1993 г. апробированные «ЦНИГРИ» прогнозные ресурсы отсутствовали, были проанализированы Паспорта Государственного Кадастра месторождений и рудопроявлений (ГКМ), а также материалы протоколов ГКЗ/ТКЗ Роснедра (табл. 6).

3. Сопоставление запасов собственно золоторудных месторождений и добычи золота из них по РФ по месторождениям, разведанным в «Советский период» и поставленным на баланс в «Российский период»

Показатели	Балансовые запасы кат. АВС ₁ +С ₂ на 01.01.2018 г.						Добыча 2017 г.					
	Всего по РФ на 01.01.2018 г.			В том числе по месторождениям			Всего по РФ			В том числе по месторождениям		
				разведанным в «Советский период»		впервые поставленным на баланс в «Российский период»				поставленным на баланс в «Советский период»		поставленным на баланс в «Российский период»
	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны
Всего по РФ*	405	9785,9	150	6 846,1*	255**	2 939,7	126	241,96	50	131,83	76	110,13
Доля, %	100	100,0	37	70	63	30	100,0	100,0	39,7	54,5	60,3	45,5

Примечание. * – на 01.01.1993 г. в этих месторождениях балансовые запасы составляли 4552,3 т, за «Российский период» в результате ГРР получен прирост запасов в 4117,6 т, всего из них за этот период добыто 1829,3 т; ** – из 255 собственно золоторудных месторождений 50 на 01.01.1993 г. имели апробированные прогнозные ресурсы (см. табл. 5); «Российский период» включает данные, начиная с 01.01.1993 г., поскольку Государственный баланс запасов на 01.01.1992 г. учитывает результаты ГРР на объектах, полученные в период нахождения РФ в составе СССР.

4. Приросты балансовых запасов и добыча золота по крупным собственно золоторудным месторождениям за период с 01.01.2005 г. по 01.01.2018 г.

Показатели	Крупные месторождения								Всего по РФ	
	Сухой .Лог	Вернинское	Олимпиадинское	Нежданнское	Наталинское	Павлик	Всего	Всего		
Запасы на начало периода, т	1029,46	31,89	370,46	477,10	244,98	36,97	2190,86	4314,27		
Запасы на конец периода, т	1942,59	240,15	938,38	632,00	1507,18	139,92	5400,21	9785,90		
Накопленная добыча, т	0	54,01	368,32	0,16	13,28	20,20	455,96	2130,97		
Приросты, т	913,13	262,27	936,23	155,06	1275,47	123,14	3665,31	7602,61		
Период добычи, лет		8	13	4	8	6	13	13		
Среднегодовая добыча, т		6,75	28,33	0,04	1,66	3,37	35,07	163,92		
Доля в общем приросте по РФ, %	12,01	3,45	12,31	2,04	16,78	1,62	48,21	100		
Доля в накопленной добыче по РФ, %	0	2,53	17,28	0,01	0,62	0,95	21,40	100		

5. Подготовка запасов в «Российский период» из собственно золоторудных объектов с апробированными прогнозными ресурсами на 01.01.1993 г. и добыча золота из них в 2017 г.

Показатели	Число объектов	Прогнозные ресурсы на 01.01.1993, т		Запасы на дату утверждения, т		Запасы на 01.01.2018 г., т		Добыча 2017 г., т
		P_1	P_2	ABC_1	C_2	ABC_1	C_2	
Всего по РФ	50	663	626	628,5	689,5	417,2	585,0	35,3
Всего кат. ABC_1+C_2 , т				1318,0		1002,2		

6. Сведения о собственно золоторудных месторождениях, запасы которых были утверждены в «Российский период»

Показатели	Число месторождений			
	Всего	Открытые в «Российский период»	С прогнозными ресурсами по состоянию на 01.01.1993 г.	Известные как рудопроявления в «Советский период»
Всего в «Российский период»	255	49*	50	156
Балансовые запасы, т	2939,7	352,6	1002,2	1584,9

Примечание. * – по 28 объектам информация о проведенных ГРП отсутствует в ГКМ, ГКЗ/ТКЗ.

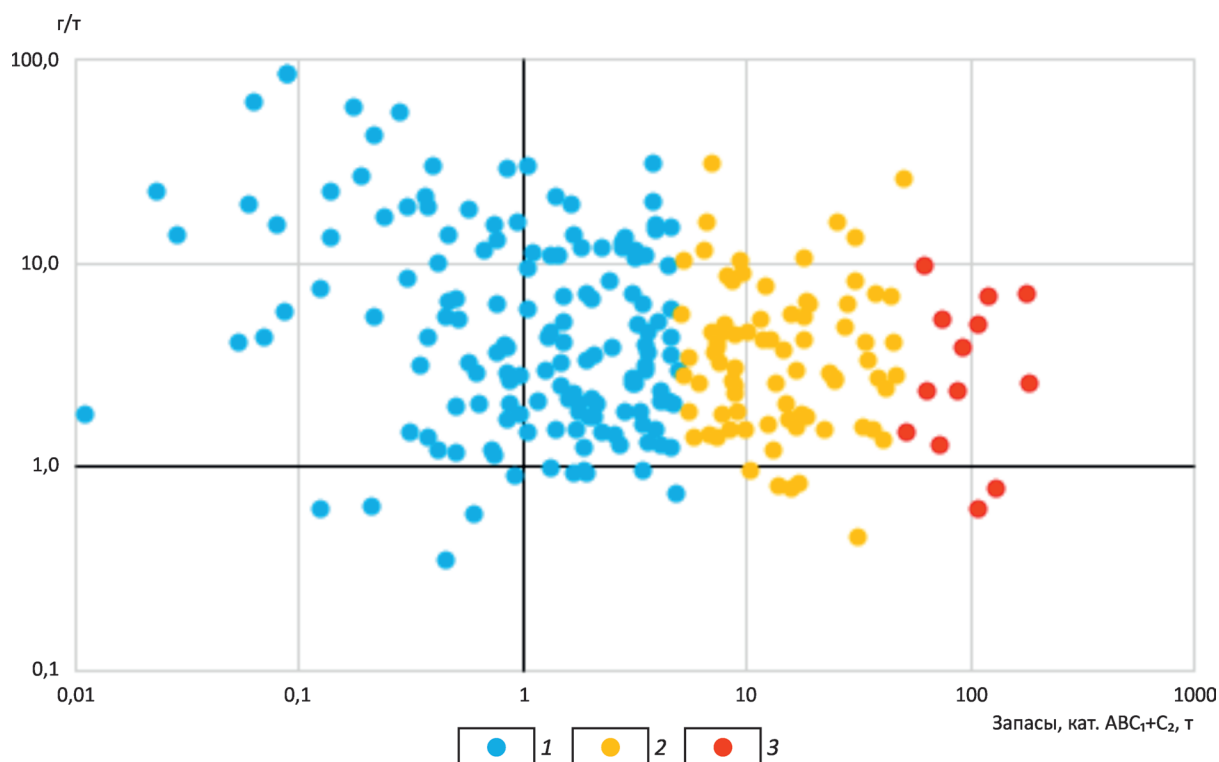


Рис. 3. Собственно золоторудные месторождения, поставленные на Государственный баланс в РФ после 1992 г., и их характеристики по состоянию на 01.01.2018 г. (у 13 объектов по состоянию на 01.01.2018 г. балансовые запасы отсутствуют):

запасы кат. ABC_1+C_2 (в т): 1 – до 5, 2 – от 5 до 50, 3 – от 50

Показатели	Балансовые запасы кат. АВС ₁ +С ₂ на 01.01.2018 г.				Добыча 2017 г.							
	В том числе по месторождениям				В том числе по месторождениям							
	Всего по РФ на 01.01.2018 г.		разведенным в «Советский период»		впервые поставленным на баланс в «Российский период»		Всего по РФ		поставленным на баланс в «Советский период»		поставленным на баланс в «Российский период»	
	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны	Число месторождений	Тонны
Всего по РФ	176	3 666	104	2 067,4*	72	1 598,7	49	41,44	38	31,36	11	10,09
Доля, %	100	100	59,1	56,4	40,9	43,6	100	100	77,6	75,7	22,4	24,3

Относительно 2016 г. отмечен значительный рост добычи на собственно золоторудных месторождениях, поставленных на баланс в «Советский период», что обусловлено выходом или началом выхода на проектную

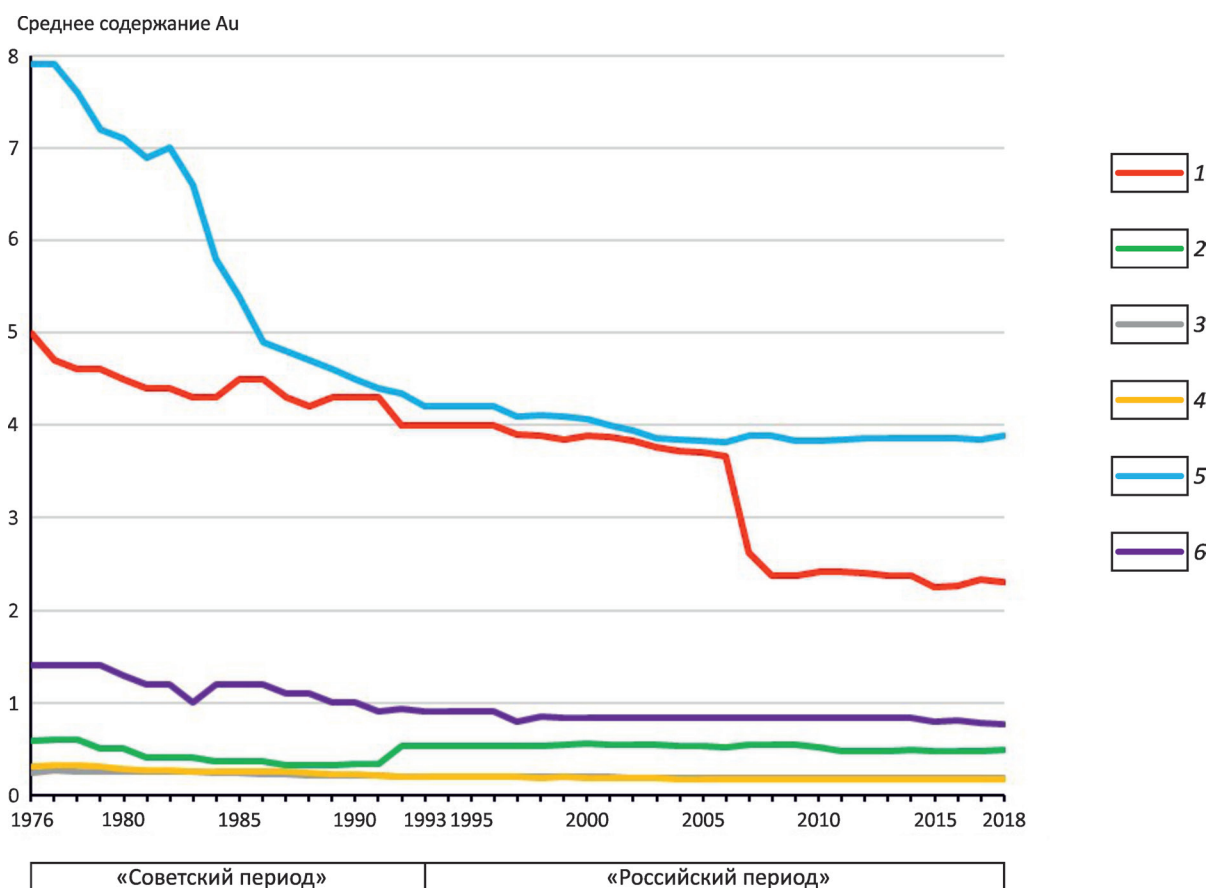


Рис. 4. Изменение средних содержаний золота (в г/т) в запасах кат. АВС₁ в Российской Федерации по типам месторождений:

1 – собственно золоторудные, г/т; 2 – комплексные золотосодержащие, г/т; 3 – дражные, г/м³; 4 – гидравлические, г/м³; 5 – подземные, г/м³; 6 – открытые, г/м³

мощность ряда объектов – Олимпиадинское, Павлик, Наталкинское, Майское, Светлинское. Рост добычи на указанных месторождениях в 2017 г. в сумме составил 26,14 т к 2016 г., что обеспечило 70,1% наращивания её объёма (34,1 т) по месторождениям, поставленным на государственный баланс в СССР. У объектов, поставленных на баланс в «Российский период», напротив, произошло снижение добычи золота (1,99 т к 2016 г.), связанное главным образом с сокращением добычи в Чукотском АО на месторождениях Купол и Двойное.

На комплексных золотосодержащих месторождениях, поставленных на баланс в «Советский период», в 2017 г. относительно 2016 г. произошло увеличение добычи только на 0,13 т, тогда как на российских объектах – на 1,2 т. Это связано с началом эксплуатации Быстринского месторождения.

Средние содержания золота во всех типах месторождений с 1976 г. по 2017 г. постоянно снижаются (рис. 4), что соответствует данным по ведущим добывающим странам [3] (рис. 5). Содержания золота в комплексных месторождениях однократно возросли в 1992 г. за счёт утверждения запасов Гайского месторождения.

Таким образом, приведённые данные показывают, что основа минерально-сырьевой базы золота была создана в «Советский период», и в значительной степени были сформированы предпосылки для выявления новых месторождений в «Российский период» («поисковый задел»). При этом очевидно, что за «Российский период» проведение ГРП на золото как за средства федерального бюджета, так и недропользователей привело к созданию значительно более крупной МСБ золота

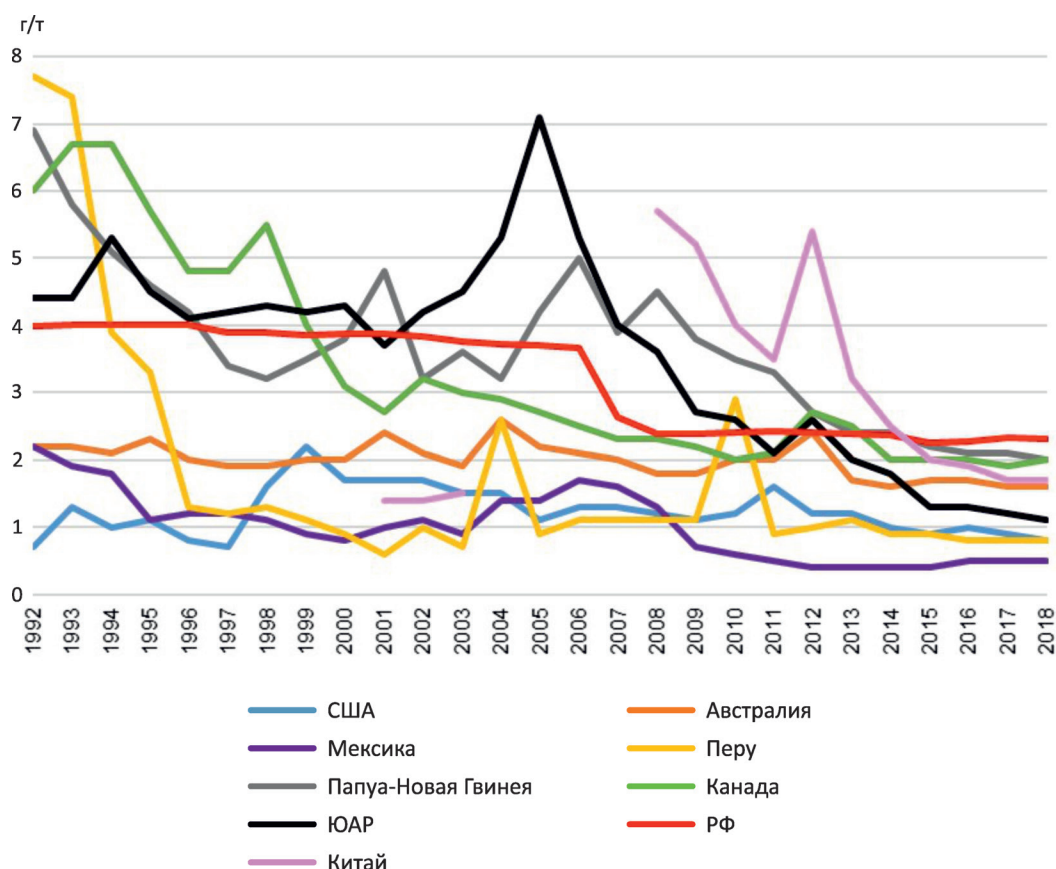


Рис. 5. Сравнение содержаний золота (в г/т) на собственно золоторудных месторождениях в ведущих странах мира (на начало года)

по сравнению с «Советским периодом» как по количеству новых месторождений, так и по запасам (с учётом их наращивания в результате доразведки месторождений «Советского периода»).

В то же время для устойчивого поступательного развития МСБ золота в России необходимо значительное усиление геологоразведочных работ на золото как за средства федерального бюджета, так и недропользователей [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.И., Черных А.И., Вартанян С.С. Состояние, перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы золота в Российской Федерации // Отечественная геология. 2018. № 1. С. 18–28.
2. Металлогенический кодекс России. – М.: Геокарт-ГЕОС, 2012.
3. S&P Global Market Intelligence [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://spglobal.com>

Оценочные параметры для локализации прогнозных ресурсов

В.Б.ГОЛЕНЕВ, Д.А.КУЛИКОВ (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Даётся определение понятия оценочные параметры для локализации прогнозных ресурсов, которые являются аналогом разведочных кондиций для подсчёта запасов месторождений твёрдых полезных ископаемых. Рассмотрен состав и методы обоснования оценочных параметров в зависимости от способа локализации прогнозных ресурсов различных категорий. Предложены критерии для разделения прогнозных ресурсов на кондиционные и некондиционные. Приведены основные недостатки определения оценочных параметров, которые встречаются в материалах направляемых на апробацию прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов.

Ключевые слова: прогнозные ресурсы, оценочные параметры, цветные и благородные металлы, разведочные кондиции, рудные тела, перспективные площади.

Голенев Владимир Борисович
доктор геолого-минералогических наук



golenev_vb@mail.ru

Куликов Данила Алексеевич
кандидат геолого-минералогических наук

kulikov@tsnigri.ru

Estimation parameters for the localization of inferred resources

V.B.GOLENEV, D.A.KULIKOV (Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals)

The concept of estimation parameters for the localization of inferred resources, which are similar to the exploration conditions for nonfuel mineral reserve estimates, is presented. The composition and methods to validate estimation parameters depending on the localization method of inferred resources of different categories are considered. Criteria for subdividing inferred resources into certified and non-conforming categories are proposed. The main disadvantages of defining the estimation parameters for the materials sent to non-ferrous and precious metal inferred resources approval are given.

Key words: inferred resources, estimation parameters, non-ferrous and precious metals, exploration conditions, ore bodies, prospective areas.

Оценку (подсчёт) прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов можно разделить на несколько этапов. Одним из первых и основных является выбор оценочных параметров. Оценочные параметры – это совокупность обоснованных аналогией и(или) реже экономически предельных требований промышленности к качеству и количеству руд и горнотехническим условиям их добычи, при которых обеспечиваются оптимальный вариант локализации и количественной оценки прогнозных ресурсов, принятие объективного решения о целесообразности и очередности продолжения геологоразведочных работ с целью повышения геологической изученности недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Основное назначение оценочных параметров – локализация заключённых в недрах прогнозных ресурсов и их разделение на кон-

диционные и некондиционные. Оценочные параметры не характеризуют оптимальные горно-геологические условия прогнозируемого объекта, так как не содержат характеристики среднего качества полезного ископаемого. Ими определяются только предельные значения показателей, при которых ещё обеспечивается экономическая целесообразность продолжения геологоразведочных работ на перспективном объекте.

Выбор показателей оценочных параметров вызывает определённые проблемы у специалистов по прогнозированию и поискам полезных ископаемых по следующим причинам:

ограниченный объём геологической информации на ранних стадиях геологоразведочных работ;

отсутствие методических разработок по выбору показателей оценочных параметров;

недостаточный опыт (отсутствие опыта) проведения геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов у специалистов-геологов.

Состав показателей оценочных параметров зависит от возможности проведения оценки прогнозных ресурсов прямыми способами геометризованными рудными телами или по аналогии перспективными площадями без геометризации рудных тел.

Геометризованными рудными телами (со сплошным или прерывистым характером распределения промышленных руд внутри тел) прямыми способами оцениваются прогнозные ресурсы категории P_1 и основная часть прогнозных ресурсов категории P_2 цветных и благородных металлов. По перспективным площадям без геометризации рудных тел по аналогии оцениваются прогнозные ресурсы категории P_3 , реже P_2 (в основном по результатам прогнозно-поисковых, геолого-съемочных и поисковых работ масштаба 1:50 000).

В качестве оценочных параметров для локализации прогнозных ресурсов категории P_1 (реже P_2) на флангах и глубоких горизонтах месторождений (рудных полей с месторождениями) используются временные или постоянные разведочные кондиции, утверждённые для этого же месторождения в установленном порядке [2].

Для новых объектов при определении количества прогнозных ресурсов категории P_1 и P_2 рудными телами оценочные параметры устанавливаются на основании:

анalogии с утверждёнными в установленном порядке временными или постоянными разведочными кондициями месторождения того же геолого-промышленного и рудно-формационного типа, с такими же минеральным составом и технологическими свойствами руд, способом разработки, горно-техническими условиями добычи, скорректированными при необходимости геолого-экономическими расчётами по укрупнённым показателям с учётом географо-экономического положения и индивидуальных геологических особенностей нового объекта, изменений цен на основное и попутные полезные ископаемые, издержек горнодобывающего и перерабатывающего производств на основе применения принципа аналогии;

геолого-экономических расчётов по укрупнённым показателям (при отсутствии месторождения-аналога) ожидаемых технико-экономических показателей освоения возможного месторождения, основанных на вариантной оценке прогнозных ресурсов при различных значениях оценочных параметров, набор которых зависит от геологических, технологических и горно-технических особенностей объекта оценки, с использованием аналогии; методика вариантной оценки (подсчёта количества) прогнозных ресурсов и принципы выбора оптимального варианта оценочных параметров такие же, как и при вариантном подсчёте запасов для обоснования показателей временных разведочных кондиций.

Исходя из практики оценки и апробации, для локализации и подсчёта количества прогнозных ресурсов

цветных и благородных металлов рудными телами на новых объектах состав оценочных параметров не должен быть шире состава временных разведочных кондиций для подсчёта запасов и может предусматривать следующие показатели.

Для оконтуривания рудных тел по мощности в поисковых пересечениях:

условия (критерии) оконтуривания рудных тел по мощности в геологических границах;

бортное содержание полезного компонента (или условного компонента для комплексных руд) в пробе для оконтуривания рудных тел по мощности (при отсутствии геологических границ рудных тел);

максимально допустимая мощность внутрирудных прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в контур оценки прогнозных ресурсов;

условия комбинированного оконтуривания рудных тел по мощности в геологических границах и по бортовому содержанию полезного компонента (или условного компонента) при наличии оруденения за пределами геологических границ;

требования к проведению оценки прогнозных ресурсов статистическим способом с применением линейного коэффициента рудоносности и оконтуриванию рудных тел по мощности для оценки с коэффициентом рудоносности, включая его минимальную величину по пересечению.

Для оконтуривания рудных тел по простиранию и падению:

минимальное содержание полезного компонента (или условного компонента) в краевой выработке;

минимальная мощность рудных тел и соответствующий минимальный метрограмм (метропроцент) полезного компонента (или условного компонента) (произведение минимального содержания полезного компонента (или условного компонента) в краевой выработке на минимальную мощность рудных тел);

целесообразность применения коэффициента рудоносности по площади и его минимальная величина по рудному телу (блоку прогнозных ресурсов).

Для определения кондиционной принадлежности прогнозных ресурсов:

минимальное содержание полезного компонента (или условного компонента) в целом по объекту оценки;

минимальный метрограмм (метропроцент) полезного компонента (или условного компонента) (произведение минимального содержания полезного компонента (или условного компонента) в целом по объекту на минимальную мощность рудных тел).

Для учёта комплексности руд:

коэффициенты для приведения содержаний попутных компонентов в пробе к содержанию условного основного компонента;

минимальные содержания попутных компонентов в пробе, учитываемые при приведении;

перечень попутных компонентов, оцениваемых в прогнозных ресурсах совместно с основным компонентом.

Для выделения однородных блоков прогнозных ресурсов:

требования к выделению (по содержанию компонентов, степени окисления или выветривания рудообразующих минералов, другим технологическим характеристикам) и оценке прогнозных ресурсов (статистически или в геометризованных контурах) промышленных (технологических) типов руд – окисленных, смешанных, сульфидных и др.

Дополнительные показатели:

максимальная глубина оценки прогнозных ресурсов; возможный способ разработки (открытый, подземный, комбинированный, геотехнологический в естественном залегании руд), для открытой разработки – коэффициент вскрыши, который для эффективного освоения потенциального месторождения не должен превышать $10 \text{ м}^3/\text{т}$ (реже – $15 \text{ м}^3/\text{т}$).

В оценочных параметрах фигурирует содержание полезного компонента, если в рудах присутствует только он один или наряду с ним присутствуют относящиеся ко II и III группам попутные компоненты. И в оценочных параметрах фигурирует содержание условного полезного компонента, если в рудах наряду с основным присутствуют попутные компоненты, вклад которых в конечную товарную продукцию добывающего и перерабатывающего предприятия ниже основного компонента, но достаточно высок (нижний предел вклада определяется действующими нормативными документами от первых процентов до 10%).

В зависимости от металлогенического ранга объекта прогноза (категории прогнозных ресурсов), геолого-промышленного и рудно-формационного типа прогнозируемого месторождения, конкретных геолого-структурных особенностей, наличия геологических границ и предполагаемого характера распределения оруденения в рудных телах, наличия попутных полезных компонентов, горно-геологических условий возможной разработки, способа добычи и технологии переработки руд, экологических и законодательных ограничений оценочными параметрами устанавливаются только те из перечисленных показателей, которые необходимы для геолого-экономической оценки по укрупнённым показателям данного конкретного объекта цветных и благородных металлов.

В отдельных случаях при необходимости устанавливаются дополнительные требования к изученности минерального, химического и гранулярного состава руд и вмещающих пород, инженерно-геологических, гидро-геологических и других условий разработки, например, для подземного выщелачивания в скважинном варианте.

Принимаемые оценочные параметры, так же как и разведочные кондиции, должны отвечать комплексу современных требований в части: прогрессивных и ре-

сурсосберегающих технологических схем разработки, обеспечения рационального использования недр и охраны окружающей среды, безопасных условий труда, максимальной производительности труда и высокой экономической эффективности. При выборе оценочных параметров необходимо в большей степени, чем для разведочных кондиций, ориентироваться на научно-технический прогресс в добыче и переработке руд, в том числе на применение геотехнологических способов извлечения основных и попутных полезных компонентов в естественном залегании руд, на увеличение глубины добычи подземным способом до 2000 м, открытым – до 700 м.

При локализации прогнозных ресурсов категории P_3 , реже P_2 перспективными площадями и оценке их количества по аналогии без геометризации рудных тел состав оценочных параметров включает следующие показатели:

геолого-промышленный и рудно-формационный тип возможных месторождений;

количество основного полезного компонента;

содержание основного полезного компонента;

количество и содержание попутных полезных компонентов (для комплексных руд);

глубина прогноза.

Выбор этих показателей производится по аналогии с хорошо изученными объектами-эталонами обязательно того же металлогенического ранга, что и новая перспективная площадь с прогнозными ресурсами категории P_3 или P_2 .

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых, в том числе цветных и благородных металлов, по экономическому значению, исходя из практики апробации, целесообразно подразделять для раздельного учёта на кондиционные (экономические) и некондиционные. К первым относятся прогнозные ресурсы, дальнейшее изучение которых может привести в ближайшей обозримой перспективе к переводу их в запасы, разработка которых будет экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

«Классификацией запасов и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых», утверждённой приказом МПР РФ от 11 декабря 2006 г. № 278 и введённой в действие с января 2008 г., деление прогнозных ресурсов на кондиционные и некондиционные не предусмотрено. Однако, чтобы не потерять объекты, получившие отрицательную оценку на стадии регионального изучения и поисков, целесообразно вести их отдельный учёт как некондиционных прогнозных ресурсов. На практике возможно выделение трёх групп таких ресурсов:

1) отвечающие требованиям, предъявляемым к кондиционным прогнозным ресурсам, но лицензирование или геологоразведочные работы на которых на момент

оценки невозможны в связи с расположением объекта в пределах водоохранных зон, населённых пунктов, сооружений, сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры;

2) отвечающие требованиям, предъявляемым к кондиционным прогнозным ресурсам, но лицензирование или геологоразведочные работы на которых на момент оценки нецелесообразны в связи с рядом горнотехнических, инженерно-геологических, гидрогеологических, экологических и других (неэкономических) причин;

3) среднее содержание полезного компонента (условного компонента) в прогнозных ресурсах ниже минимального содержания по объекту, предусмотренного оценочными параметрами, поэтому лицензирование или продолжение геологоразведочных работ в настоящее время экономически нецелесообразно по ряду причин (низкая цена полезного ископаемого, сложные условия разработки, отсутствие технологических схем переработки, глубина залегания и др.), но прогнозные ресурсы в дальнейшем могут быть переоценены и переведены в кондиционные в результате роста цен на металлы, появления новых технологий добычи и переработки руд.

Показатели для оценки некондиционных прогнозных ресурсов отдельно не устанавливаются, так как в отличие от запасов на одном и том же объекте, исходя из сложившейся практики апробации, кондиционные и некондиционные прогнозные ресурсы не локализируются одновременно. Объект в целом получает или положительную оценку, и все локализованные по нему прогнозные ресурсы относятся к кондиционным, или отрицательную – тогда прогнозные ресурсы относятся к некондиционным.

Некондиционные прогнозные ресурсы оцениваются раздельно в зависимости от оснований отнесения к той или иной группе.

При локализации прогнозных ресурсов способом аналогии содержание основного и попутных полезных компонентов (для комплексных руд) принимается равным содержанию в эталонном промышленном месторождении прогнозируемого геолого-промышленного типа. Это содержание априори отвечает требованиям промышленности, и прогнозные ресурсы по содержанию основного полезного компонента (или условного компонента) являются кондиционными. Но могут быть отнесены к некондиционным по другим, указанным выше в этом разделе, позициям. Количество прогнозных ресурсов основного и попутных компонентов (для комплексных руд) для отнесения к кондиционным при оценке способом аналогии не должно быть ниже значений, которые имеют промышленные месторождения-эталон в сходных с рассматриваемым районом географо-экономических и горно-геологических условиях.

В ходе изучения перспективного геологического объекта обоснование оценочных параметров производится неоднократно, после завершения каждой стадии

геологоразведочных работ на основе учёта совокупности таких факторов, как цена на основной и попутные полезные компоненты, географо-экономическое положение, особенности геологического строения, гидрогеологические, инженерно-геологические, горнотехнические условия, технологические свойства руд. При выборе оценочных параметров следует учитывать, что себестоимость добычи подземным способом существенно выше, чем открытым или геотехнологическими способами в естественном залегании руд. В результате оценочные параметры для подземной добычи существенно ужесточаются.

Исходя из практики проведения поисковых работ, оценочные параметры устанавливаются, в отличие от разведочных кондиций, также Техническим (геологическим) заданием при постановке геологоразведочных работ, в особенности за счёт средств федерального бюджета. Основным методом выбора оценочных параметров в Техническом (геологическом) задании – аналогия при весьма ограниченной геологической информации, которая имеется при постановке этих работ. Часто оценочные параметры Технического (геологического) задания ограничиваются весьма скудным набором показателей (только среднее содержание полезного компонента по объекту или бортовое содержание в пробе), не позволяющих провести адекватную оценку перспектив прогнозируемого объекта. По завершении работ установленные Техническим (геологическим) заданием оценочные параметры должны быть в обязательном порядке подвергнуты анализу на предмет достаточности состава их показателей и соответствия выявленным геологическим особенностям объекта прогнозирования и в случае отклонений или недостаточности набора показателей пересмотрены в указанном выше порядке (по аналогии или вариантными геолого-экономическими расчётами по укрупнённым показателям) с учётом конкретных результатов проведённых геологоразведочных работ.

При апробации прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов довольно часто выявляются следующие недостатки определения оценочных параметров [1]. Большую сложность вызывает выбор оценочных параметров для локализации прогнозных ресурсов комплексных руд. В частности, при разработке и выборе оценочных параметров на содержание условного компонента не учитываются характер распределения в недрах и вклад в товарную продукцию возможного предприятия всех промышленно значимых полезных компонентов комплексных руд. Например, для колчеданно-полиметаллических, медно-колчеданных, полиметаллических, медно-порфировых объектов игнорирование наличия золота и серебра или недоизучение характера их распределения в рудах приводит к неправильному выбору основного компонента (которым зачастую являются именно золото или серебро, а не какой-либо из цветных металлов) и перечня попутных

компонентов, содержания которых участвуют в определении условного содержания, оставлению промышленных концентраций благородных металлов за контурами рудных тел и оценки прогнозных ресурсов.

В комплексных рудах неправильно выбирается основной компонент, к условному содержанию которого приводятся содержания других попутных полезных компонентов. Например, по результатам укрупнённой геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов по сумме категорий P_1 и P_2 , проведённой при завершении поисковых работ, доля золота в товарной продукции комплексных руд составляет 48%, серебра – 26%, свинца – 24%, цинка – 2%. Вместо того, чтобы в качестве основного компонента взять золото, берётся цинк, и к его условному содержанию приводятся содержания трёх остальных металлов. Причина – неправильно определён геолого-промышленный тип прогнозируемого месторождения и неправильно выбрано месторождение-аналог для обоснования оценочных параметров: полиметаллическое вместо золото-серебряного. Некорректно определяются переводные коэффициенты для приведения содержания попутных компонентов к содержанию условного основного компонента, игнорируется необходимость применения показателя минимальное содержание попутного компонента, учитываемое при переводе в условный компонент.

Нельзя не отметить оценку золотоносной коры выветривания по модели россыпного объекта, когда между свободным и шлиховым металлом ставится знак равенства без учёта того, что не всё свободное золото шлиховое. Следствием чего является неправомерное использование при определении промышленной значимости прогнозных ресурсов коры выветривания районных кондиций для россыпей с более «мягкими» оценочными параметрами, чем традиционно применяемые при оценке коры выветривания.

Очень широко распространено применение неполного набора оценочных параметров для локализации прогнозных ресурсов, ограниченного только бортовым содержанием и минимальным содержанием полезного компонента по объекту. Не учитывается, что без максимальной мощности внутрирудного прослоя пустых пород и некондиционных руд, минимальной мощности рудного тела, минимального содержания полезного компонента в оконтуривающем пересечении локализация прогнозных ресурсов становится субъективной, неоднозначной и многовариантной.

Отсутствие требований к минимальной величине коэффициента рудоносности приводит к представлению в качестве потенциальных рудных тел минерализованных зон и участков с величиной коэффициента $0,0n-0,00n$, являющихся по сути перспективными площадями.

Оценочные параметры часто не соответствуют особенностям распределения и локализации полезного ископаемого в недрах. Это происходит при «слепом» следовании Техническому (геологическому) заданию,

когда при постановке геологоразведочных работ планируется один геолого-промышленный тип, а по их результатам выявляется другой, или планируется объект для открытой разработки, а получается для подземной. Такая же ситуация возникает в случае ошибок при определении геолого-промышленного типа прогнозируемого месторождения и способа его разработки. В комплексных рудах может полностью игнорироваться наличие какого-то металла (в том числе и благородных), дающего при этом основной вклад в товарную продукцию, если учёт этого металла не определён Техническим (геологическим) заданием.

Применяется оптимистическая геолого-экономическая модель локализованных по выбранным оценочным параметрам прогнозных ресурсов, основанная на занижении капитальных затрат на возможное освоение объекта и себестоимости добычи и переработки руд (за счёт неполного учёта расходных статей, завышения количества и качества минерально-сырьевой базы, занижения разубоживания и потерь, завышения извлечения полезных компонентов), чтобы показать кондиционную принадлежность прогнозных ресурсов при отсутствии инвестиционной привлекательности объекта.

Игнорируются результаты геолого-экономических расчётов по укрупнённым показателям при определении кондиционной принадлежности и при выборе оценочных параметров для локализации прогнозных ресурсов.

Таким образом, оценочные параметры для локализации прогнозных ресурсов являются аналогом разведочных кондиций, применяемых для подсчёта запасов. Но, в отличие от последних, обеспечивают не оптимальный вариант разработки месторождения, а только:

принятие решения о целесообразности продолжения геологоразведочных работ на объекте для получения в перспективе прироста запасов категории C_2 ;

выбор первоочередных объектов для проведения геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы и лицензирования.

При обосновании оценочных параметров в большей степени, чем кондиций, используется метод аналогии, а технико-экономические показатели рассчитываются по укрупнённым ориентировочным показателям. Отличаются оценочные параметры от кондиций также меньшим набором показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *К итогам* апробации состояния ресурсного потенциала алмазов, благородных и цветных металлов на 2016 г. по результатам поисковых работ / В.Б.Голеньев, Ю.В.Ермакова, О.М.Конкина и др. // Руды и металлы. 2017. № 2. С. 7–16.
2. *Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых* / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2010.

Общие принципы квалификации прогнозных ресурсов

Д.А.КУЛИКОВ, В.Б.ГОЛЕНЕВ (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Рассмотрены необходимые и достаточные условия для отнесения прогнозных ресурсов к той или иной категории обоснованности на примере руд цветных и благородных металлов. Приведены основные недостатки по квалификации прогнозных ресурсов в соответствии с категориями их обоснованности и кондиционной принадлежности, которые встречаются в материалах направляемых на апробацию прогнозных ресурсов.

Ключевые слова: прогнозных ресурсы, квалификация, геологическая обоснованность, полезный компонент, рудное тело, перспективная площадь.

Куликов Данила Алексеевич
кандидат геолого-минералогических наук

kulikov@tsnigri.ru



Голенев Владимир Борисович
доктор геолого-минералогических наук

golenev_vb@mail.ru

General principles for the qualification of inferred resources

D.A.KULIKOV, V.B.GOLENEV (Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals)

The necessary and sufficient conditions for the attribution of inferred resources to a particular category of validity exemplified by non-ferrous and precious metal ores are considered. The main shortcomings in the qualification of inferred resources in accordance with the categories of their validity and conditional categories for the materials sent to inferred resources approval are presented.

Key words: inferred resources, qualification, geological validity, metal grade, ore body, prospective area.

Квалификация прогнозных ресурсов – определение категории в соответствии с обоснованностью прогнозных ресурсов.

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых по степени обоснованности, согласно «Классификации запасов и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых» [2], утверждённой приказом МПР РФ от 11 декабря 2006 г. № 278 и введённой в действие с января 2008 г. (далее Классификация), подразделяются на категории от наиболее к менее обоснованным: P_1 , P_2 и P_3 . Категория прогнозных ресурсов зависит от металлогенического ранга прогнозируемого объекта, то есть определяется его размером (площадью) и масштабом изучения прямых и косвенных предпосылок и признаков оруденения, а не сложностью геологического строения месторождения как при квалификации запасов.

Классификация [2] отражает последовательное повышение достоверности оценки прогнозных ресурсов с уменьшением площади прогноза и прогнознo-поисковых работ и увеличением их масштаба (детальности).

Изученность рудопрооявления в результате поисковых работ (изученность глубоких горизонтов и флангов месторождения в результате оценки и разведки) должна быть достаточна для локализации прогнозных ресурсов категории P_1 , рудного поля – для локализации прогнозных ресурсов категории P_2 , перспективной площади в составе рудного района (узла) и иного таксона, превышающего размеры рудного поля, – для локализации прогнозных ресурсов категории P_3 . Отсюда следуют важные практические выводы для оценки прогнозных ресурсов:

1) по одному рудному телу не могут быть одновременно локализованы прогнозные ресурсы категорий P_1 , P_2 и P_3 или P_2 и P_3 , как это часто встречается на практике;

2) на площадях, локализованных по результатам проведённых геологоразведочных работ как рудопрооявление и рудное поле, не могут быть оценены прогнозные ресурсы категории P_3 , что также довольно часто имеет место быть в авторских материалах оценки прогнозных ресурсов;

3) по одному рудопроявлению и рудному полю могут быть локализованы прогнозные ресурсы как категории P_1 , так и P_2 , но по разным рудным телам. Тогда как по одному рудному телу могут быть представлены запасы разных категорий в зависимости от плотности сети (изученности разных частей одного и того же рудного тела).

Продуктивность металлогенической зоны в целом рекомендуется рассматривать [3] вне категорий прогнозных ресурсов как количественно оценённый металлогенический потенциал.

В практике прогнозно-поисковых работ под обоснованностью прогнозных ресурсов в первую очередь понимается геологическая обоснованность (изученность). И только к прогнозным ресурсам категории P_1 предъявляются требования, довольно мягкие, к технологической, горнотехнической, экологической и экономической обоснованности, устанавливаемой в основном по аналогии и реже по натурным исследованиям (в случае прогнозирования объектов новых нетрадиционных геолого-промышленных типов или с рудами сложного состава, или для геотехнологических способов разработки в естественном залегании руд).

Если геологическая изученность запасов определяется в основном плотностью разведочной сети в зависимости от сложности геологического строения месторождения, вида полезного ископаемого и его геолого-промышленного типа, то геологическая обоснованность прогнозных ресурсов определяется соответствием комплекса и масштаба проведённых геологоразведочных работ (геолого-съёмочных, геофизических, геохимических, горно-буровых и других видов) металлогеническому таксону объекта оценки (категории прогнозных ресурсов). При выборе комплекса и масштаба прогнозно-поисковых работ также учитываются четыре условия: 1) вид полезного ископаемого; 2) рудно-формационный и(или) геолого-промышленный тип прогнозируемого месторождения; 3) обнажённость (ландшафтно-географические условия) площади работ и 4) уровень эрозионного среза (глубина залегания от дневной поверхности) прогнозируемого объекта. Примерный комплекс и масштаб прогнозно-поисковых работ, применяемый для локализации и оценки прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов, приведены в таблице.

Основные виды геологоразведочных работ, применяемые для локализации прогнозных ресурсов руд цветных и благородных металлов

Виды работ	Категория прогнозных ресурсов		
	P_1	P_2	P_3
	Масштаб работ		
	1:10 000–5000 и крупнее	1:50 000–25 000–10 000	1:1 000 000–200 000–50 000
Топо-маркшейдерские	++	+	–
Космо-аэрогеологическое картирование	+	++	++
Геологическая съёмка	+	++	++
Геофизические	+	++	++
Геохимические	+	++	++
Шлихо-минералогические	+	++	++
Поверхностные горные работы (канавы, шурфы, траншеи) для:			
геологического картирования (кроме закрытых районов)	++	++	++
заверки геологических и геохимических аномалий	++	++	+
вскрытия и опробования рудных тел	++	+	–
Бурение:			
картировочное (в закрытых районах)	++	++	+
структурно-поисковое	++	++	–
для вскрытия и опробования рудных тел	++	+	–
Подземные горные работы (шурфы с рассечками, штольни) ¹	+	–	–
Технологическое опробование	+	–	–

Примечание. «++» – основной и «+» – вспомогательный методы, «–» – как правило, не употребляется;

¹ применяются для объектов сложного строения, предположительно имеющих промышленное значение.

Далее рассмотрим основные параметры, которые определяют степень обоснованности прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов в зависимости от их категории (металлогенического ранга прогнозируемого объекта).

Прогнозные ресурсы категории P_1 оцениваются по результатам крупномасштабных целевых поисковых, оценочных и разведочных работ и учитывают возможность [3]:

выявления новых рудных тел;

расширения границ распространения полезного ископаемого за контуры запасов категории C_2 на месторождениях и известных рудных телах.

Объектами оценки являются:

новые рудные тела, вскрытые в естественном залегании, изученность (геологическая, технологическая, горно-геологическая и др.) которых недостаточна для подсчёта запасов категории C_2 ;

фланги и глубокие горизонты месторождений и известных рудных тел за контурами запасов категории C_2 .

Границы прогнозных ресурсов категории P_1 по падению и простираю рудных тел устанавливаются с помощью ограниченной и неограниченной экстраполяции, величина которой превышает таковую для запасов категории C_2 , но также должна быть подтверждена данными буровых, горных, геофизических, геохимических или других видов работ, опробованием выходов руд в коренном залегании на дневную поверхность, геологическими, литолого-петрографическими, минералого-геохимическими и другими построениями, обосновывающими площадь и глубину распространения руд, отвечающих принятым оценочным параметрам. В качестве контура блока прогнозных ресурсов принимается естественная или условная граница рудного тела, внутри которой руды соответствуют требованиям принятых оценочных параметров. При оконтуривании блоков учитывается их однородность только по технологическим свойствам руд и способу разработки (при необходимости).

В комплексе поисковых работ преобладают горно-буровые (см. таблицу). Геолого-съёмочные, геофизические, геохимические и другие виды поисковых работ имеют подчинённое значение и применяются в основном для обоснования экстраполяции прогнозных ресурсов категории P_1 за пределы участков развития горно-буровых работ на флангах и глубоких горизонтах конкретного рудного тела.

Для локализации прогнозных ресурсов категории P_1 необходимы регулярная, но редкая сеть поверхностных горных выработок (канавы, траншеи, шурфы) и единичные скважины на глубине. При отсутствии выходов рудных тел на поверхность – регулярная, но относительно редкая сеть колонковых скважин. Плотность поисковой сети, расположение и количество точек наблюдений, рациональное комплексирование различных видов работ, методы опробования и исследований,

принципы экстраполяции данных определяются индивидуально в зависимости от вида прогнозируемого полезного ископаемого, условий обнажённости месторождений конкретного рудно-формационного и геолого-промышленного типа, глубины залегания и предполагаемой группы сложности геологического строения прогнозируемого месторождения.

В результате геологическая обоснованность (изученность) должна обеспечить определение:

рудно-формационного и геолого-промышленного типа ожидаемого месторождения, которые обуславливают масштабы, особенности геологического строения, условия залегания и морфологию рудных тел, уровень содержания полезного компонента, наличие и перечень попутных компонентов и вредных примесей, способ разработки и технологические свойства руд;

геологического строения, условий залегания, качества, минерального и элементного состава рудных тел, характера распределения (сплошной или прерывистый, оцениваемый с помощью коэффициента рудоносности) оруденения, наличия попутных полезных компонентов и вредных примесей;

оценочных параметров по аналогии с утверждёнными разведочными кондициями известных месторождений того же геолого-промышленного типа, находящихся в сходных географо-экономических и горно-геологических условиях, откорректированными при необходимости в соответствии с особенностями нового объекта, а при отсутствии аналога – вариантными геолого-экономическими расчётами по укрупнённым показателям;

контуров рудных тел с пространственной привязкой элементов их строения и вещественного состава, с отображением на картах, планах, разрезах и трёхмерных моделях возможного расположения и морфологии, закономерностей размещения и изменения концентраций основного, попутных и вредных (при наличии) компонентов и геологических факторов их контроля, положения структурно-тектонических, стратиграфических, литолого-петрографических и других геологических границ;

содержания основного, а для комплексных руд и попутных компонентов по результатам рядового опробования естественных обнажений, горных выработок, скважин и лабораторных исследований (методами, применяемыми при подсчёте запасов);

распространения руд на доступную для отработки глубину;

предварительно группы сложности геологического строения возможного месторождения;

способа оценки прогнозных ресурсов (геологическими блоками или разрезами, с коэффициентом рудоносности или без него, целесообразность применения геостатистических методов, условия использования аналогии на флангах и глубоких горизонтах месторождений и разведанных рудных тел).

Должны быть составлены: детальная геологическая карта в масштабе 1:10 000–1:5000 с примерными границами рудопоявления (месторождения), схематические геологические карты рудоносных участков в более крупном масштабе и планы опробования рудных тел.

При наличии руд сложного состава, примерная характеристика технологических свойств которых не может быть определена по аналогии, выполняются лабораторные технологические исследования на пробах массой 30–50 кг для каждого выделенного природного типа руд (минимум одна проба) с использованием современных аналитических методов минералого-технологических исследований. В отдельных случаях в связи с предполагаемой добычей геотехнологическими способами в естественном залегании руд могут быть целесообразны натурные опыты в простейших вариантах.

Горнотехнические, экологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия принимаются по аналогии, и только для отдельных объектов, если эти условия влияют на промышленную значимость объекта, требуется проведение специальных работ в ограниченных объёмах, например, для разработки геотехнологическими методами в естественном залегании руд.

Изученность объекта должна быть достаточна для проведения геолого-экономической оценки прогнозируемого месторождения по укрупнённым показателям, определения целесообразности проведения оценочных работ, выделения участков и наиболее перспективных рудных тел для проведения первоочередных работ и определения их необходимых объёмов. А при получении отрицательных результатов – для подробного геологического и экономического обоснования отбраковки объекта.

Исходная информация для оценки прогнозных ресурсов категории P_1 должна быть достоверной. Топографические, геолого-съёмочные, геофизические, геохимические, горнопроходческие, буровые, опробовательские, аналитические и другие работы должны выполняться в соответствии с действующими утверждёнными методиками и требованиями к их качеству. Все поисковые горные выработки и скважины, линии опробования выхода руд на дневную поверхность должны иметь маркшейдерскую привязку, ориентировку, соответствующую геолого-структурным особенностям объекта прогнозирования и рудного тела, первичную геологическую документацию и опробование на всём их протяжении. Для наклонных скважин проводится инклинометрия. Линейный выход керна не ниже 80%, угол встречи с прогнозируемыми рудными телами не менее 30°, расхождения фактической и теоретической массы рядовых проб не должны в среднем превышать 20%. В случае отклонения обосновывается возможность использования данных опробования и буровых работ для оценки прогнозных ресурсов. Определение содержания основного и попутных компонентов проводится апробированными утверждёнными методами

и методиками, которые применяются при подсчёте запасов. Обязателен внутренний и внешний геологический контроль аналитических работ, который проводится в соответствии с утверждёнными для подсчёта запасов методиками.

Несоблюдение требований к объёму геологической информации, методике и качеству геологоразведочных работ, выявление погрешностей в геологической документации, опробовании, аналитических и других работах, устранить которые не удалось в процессе работ, могут повлечь за собой понижение категории прогнозных ресурсов P_1 до P_2 или пересмотр их кондиционной принадлежности на некондиционную без изменения категории обоснованности.

Прогнозные ресурсы категории P_2 учитывают возможность обнаружения [3] на перспективной площади (с прогнозными ресурсами категории P_2) потенциальных месторождений, предполагаемое наличие которых основывается на: особенностях геологического строения территории, положительной оценке конкретных рудопоявлений; характере, размерах и количестве геофизических, геохимических и других аномалий, природы и возможная перспективность которых подтверждены ограниченным числом пересечений. Прогнозные ресурсы, как правило, оцениваются по:

отдельным локальным перспективным площадям, участкам, соответствующим рангу рудное поле или рудопоявление, выявленным при проведении прогнозно-поисковых, геолого-съёмочных и поисковых работ масштаба 1:50 000;

рудным телам, выявленным по рудопоявлениям и рудным полям при проведении поисковых работ масштаба 1:10 000 (1:25 000), при этом прогнозные ресурсы наиболее детально изученных рудных тел могут быть квалифицированы по категории P_1 .

Геологическая обоснованность прогнозных ресурсов категории P_2 предполагает установление основных геологических факторов, контролирующих расположение возможных рудных тел в плане и разрезе. Это производится по данным геологического картирования, изучения и опробования коренных обнажений, буровых, горных, геофизических, геохимических и других видов работ, методами ограниченной и неограниченной экстраполяции по совокупности геологических критериев и признаков, контурам различной природы аномалий и шлиховых ореолов, естественным геологическим границам, результатам рядового и штучного опробования в коренном залегании и др. Горно-буровые работы занимают подчинённое положение в комплексе поисковых работ (см. таблицу).

Для локализации прогнозных ресурсов категории P_2 необходимо наличие геофизических, геохимических и других аномалий, перспективных минерализованных зон, выявленных при геологическом картировании по прямым и косвенным признакам и штучному опробованию в коренном залегании. Аномалии различной

природы и перспективные зоны должны быть вскрыты в эпицентрах 2–3 магистральными канавами или буровыми профилями (в закрытых районах или при отсутствии выходов аномалий и перспективных зон на поверхности), подтвердившими опробованием наличие руд с кондиционными параметрами.

Геологическая обоснованность (изученность) должна обеспечить определение:

рудно-формационного и геолого-промышленного типа ожидаемого месторождения;

примерных границ и размеров рудного поля (рудопроявления);

способа подсчёта прогнозных ресурсов (прямыми методами рудными телами или по аналогии перспективными площадями);

оценочных параметров для локализации прогнозных ресурсов в зависимости от способа подсчёта;

содержания основного полезного компонента, а для комплексных руд и попутных компонентов по результатам рядового опробования естественных обнажений, горных выработок, скважин и лабораторных исследований (методами, применяемыми при подсчёте запасов) или по аналогии в зависимости от способа подсчёта;

контуров, размеров, формы, мощности, условий и глубины залегания предполагаемых рудных тел с отображением на картах, планах, разрезах (трёхмерных моделях), их приуроченности к определённым геологическим структурам на основании прямых и косвенных признаков или по аналогии с известными месторождениями того же геолого-промышленного и рудно-формационного типа;

целесообразности применения и величины коэффициента рудоносности и надёжности (достоверности) прогнозирования.

Технологическая, горнотехническая, экономическая и др. обоснованности определяются по аналогии, реже прямыми исследованиями с детальностью, достаточной для предположения о возможной рентабельной отработке прогнозируемого объекта в ближайшей или отдалённой перспективе.

Требования к качеству поисковых работ, результаты которых положены в основу оценки прогнозных ресурсов категории P_2 , близки аналогичным требованиям при оценке прогнозных ресурсов категории P_1 . Невыполнение требований к качеству геологоразведочных работ, выявление погрешностей в геологической документации, опробовании, аналитических и других работах, устранить которые не удалось в процессе работ, могут повлечь за собой пересмотр кондиционной принадлежности прогнозных ресурсов без изменения категории обоснованности.

Прогнозные ресурсы категории P_3 . Объектом оценки является перспективная площадь в составе металлогенической зоны, рудного района, узла (но никак не рудного поля, месторождения или рудопроявления), лишь потенциально перспективная на возможность выявления

месторождений известного в Российской или мировой минерально-сырьевой базе рудно-формационного и геолого-промышленного типа [3]. Выделение и оконтуривание перспективных площадей проводится по данным прогнозно-поисковых работ, геофизических и геохимических исследований (которые проводятся при региональном геологическом изучении и прогнозировании, геологической съёмке масштаба 1:200 000 с комплексом прогнозно-поисковых работ, геолого-минералогическом картировании масштабов 1:200 000 и 1:500 000 и геологическом картографировании масштаба 1:1 000 000), а также при ревизии результатов ранее проведённого средне-мелкомасштабного геологического изучения с комплексом целевых прогнозно-поисковых работ.

Геологическая обоснованность (изученность) перспективной площади в составе рудного района (узла и др.) считается достаточной для локализации прогнозных ресурсов категории, если позволяет однозначно судить о наличии или отсутствии прямых и косвенных признаков полезного ископаемого с учётом его металлогении и связи с региональными и локальными геологическими структурами и магматическими комплексами. Необходимые данные о прямых и косвенных признаках полезного ископаемого получают при геологическом картировании естественных и искусственных обнажений, космоаэрогеологическом, геофизическом и геохимическом картировании, по единичным горным выработкам. При значительной мощности перекрывающих отложений – профильными геофизическими и геохимическими исследованиями. Представления о распространении продуктивных зон и комплексов пород на глубину базируются на известных геолого-структурных особенностях локализации полезного ископаемого прогнозируемого рудно-формационного и геолого-промышленного типа, данных геофизических и геохимических методов, на одиночных скважинах. Горно-буровые работы применяются крайне редко (см. таблицу).

Геолого-съёмочные, геолого-минералогические, геофизические, геохимические, горнопроходческие, буровые, опробовательские и другие поисковые работы должны выполняться в соответствии с действующими утверждёнными методиками и нормативными документами. Невыполнение их требований может повлечь за собой отказ от апробации прогнозных ресурсов категории P_3 .

При апробации прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов довольно часто выявляются следующие недостатки определения их кондиционной принадлежности и категории по обоснованности [1]:

локализируются прогнозные ресурсы категории P_3 по металлогеническим таксонам небольшой площади (первые км² и менее 1 км²), отвечающим рангу рудного поля, рудопроявления и даже рудного тела или его части;

по рудным телам локализируются прогнозные ресурсы категории P_2 как подвеска к прогнозным ресурсам категории P_1 зачастую без геологических, геохимических,

геофизических и других оснований, подтверждающих возможное наличие оруденения в подвеске;

при отрицательных результатах поисковых работ локализуются прогнозные ресурсы категории P_3 при изученности и металлогеническом ранге объекта, соответствующим более высоким категориям прогнозных ресурсов;

при отрицательных результатах поисково-оценочных работ локализуются прогнозные ресурсы категории P_2 и P_1 , но степень изученности объекта соответствует запасам категории C_2 , забалансовым по геолого-экономическим расчётам;

завышение категории прогнозных ресурсов, когда по одному пересечению локализуются прогнозные ресурсы категории P_1 , по одной пробе или только по геохимическим и геофизическим аномалиям, без их заверки горно-буровыми работами – категории P_2 ;

неправомерное отнесение некондиционных прогнозных ресурсов к кондиционным с понижением категории (забалансовые запасы представляются как прогнозные ресурсы категории P_1 , некондиционные прогнозные ресурсы категории P_1 относятся к кондиционным P_2 , а некондиционные категории P_2 – к кондиционным P_3);

по одному объекту (рудопроявлению, рудному полю, перспективной площади) локализуются кондиционные и некондиционные прогнозные ресурсы;

при квалификации прогнозных ресурсов по категориям обоснованности не учитываются требования к качеству проведённых геологоразведочных работ.

Таким образом, квалификация прогнозных ресурсов по обоснованности зависит от металлогенического ранга прогнозируемого объекта. Необходимая и достаточная степень обоснованности прогнозных ресурсов

определяется комплексом и масштабом проведённых прогнозно-поисковых работ (геолого-съёмочных, геофизических, геохимических, горно-буровых и других видов), которые должны отвечать следующим основным критериям: 1) металлогеническому таксону объекта оценки (категории прогнозных ресурсов); 2) рудно-формационному и (или) геолого-промышленному типу прогнозируемого месторождения; 3) обнажённости (ландшафтно-географическим условиям) площади работ; 4) уровню эрозионного среза прогнозируемого объекта (глубине залегания от дневной поверхности); 5) требованиям действующих нормативных документов, регулирующих методику проведения и качество результатов геологоразведочных работ. Как правило обоснованность относится к геологической изученности объекта прогнозирования. Только к прогнозным ресурсам категории P_1 предъявляются требования, довольно мягкие, к технологической, горнотехнической, экологической и экономической обоснованностям, устанавливаемым главным образом по аналогии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *К итогам* апробации состояния ресурсного потенциала алмазов, благородных и цветных металлов на 2016 г. по результатам поисковых работ / В.Б.Голенев, Ю.В.Ермакова, О.М.Конкина и др. // Руды и металлы. 2017. № 2. С. 7–16.
2. *Классификация* запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утверждена приказом МПР РФ от 11.12.2006 г. № 278.
3. *Принципы, методы и порядок* оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2010.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РИСУНКОВ

Рисунки и другие графические материалы представляются в цветном или черно-белом варианте в электронном виде. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала (170×237 мм). Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: графический редактор Corel Draw, JPEG и TIFF (только для фото), диаграмма Microsoft Excel. Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. **Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.** Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

Прогнозно-металлогеническое районирование южной части Дальневосточного региона на медно-порфировое оруденение

О.В.МИНИНА, И.Ф.МИГАЧЁВ, В.С.ЗВЕЗДОВ (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1)

Проведено районирование территории юга Дальнего Востока на медно-порфировое оруденение с учётом данных геологоразведочных работ (ГРР) последних лет и использованием разработанной в ЦНИГРИ методологии прогноза месторождений этого типа. Рассмотрены геотектоническая позиция, строение и металлогения андезитоидных вулканоплутонических поясов (ВПП) – Умлекано-Огоджинского, Ханкайского, Хингано-Охотского, Западно- и Восточно-Сихотэ-Алинского и Колчанского, вмещающих медно-порфировые и сопряжённые с ними месторождения и проявления и образующих Амурско-Сихотэ-Алинскую медно-порфировую металлогеническую провинцию. Охарактеризованы образующие пояса вулканоплутонические ассоциации (ВПА) и плутоногенные формации, пространственно-временные связи объектов разных рудно-формационных типов. Оконтурированы медно-порфировые металлогенические зоны (Северо-Буреинская, Южная, Западная и Восточная), охватывающие площади распространения продуктивных андезит-диорит-гранодиорит-монзонитовых вулканоплутонических ассоциаций, сформированных на ранних этапах становления ВПП. Выделенные в их пределах рудные районы и узлы представляют собой ареалы развития массивов плутоноидов рудоносных формаций и связанных с ними медно-порфировых проявлений в поднятиях фундамента поясов.

Ключевые слова: медно-порфировые металлогенические провинции, зоны, районы и узлы, вулканоплутонические пояса, вулканогенные и плутоногенные формации, медно-порфировые, золоторудные, оловорудные, свинцово-цинковые месторождения.

Минина Ольга Васильевна
кандидат геолого-минералогических наук

minina@tsnigri.ru

Мигачёв Игорь Фёдорович
доктор геолого-минералогических наук



mifigor@tsnigri.ru

Звездов Вадим Станиславович
кандидат геолого-минералогических наук

metallogeny@tsnigri.ru

Forecasting and metallogenic zoning of the southern Far East region for porphyry copper mineralization

O.V.MININA, I.F.MIGACHEV, V.S.ZVEZDOV (Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals)

Zoning of the Far East region was performed for porphyry copper mineralization using a formation analysis and TsNIGRI-developed method to forecast this type of deposits. The paper reviews geotectonic setting, structure and metallogeny of andesitoid Umlekan-Ogodzhinsky, Khankaisky, Khingan-Okhotsky, East and West Sikhote-Alinsky and Kolchansky volcanoplutonic belts (VPB) hosting copper and associated deposits and occurrences forming Amur-Sikhote-Alin porphyry copper metallogenic province. Volcanoplutonic associations (VPA) forming belts and plutonogenic formations, spatial and temporal relationships of deposits pertaining to various ore formation types are characterized. Porphyry copper metallogenic zones (North Bureinskaya, Southern, Western and Eastern) were delineated covering distribution areas of productive andesite-diorite-granodiorite-monzonite volcanoplutonic associations formed at the early stages of VPB emergence. Ore districts and clusters identified within them represent development areas of ore-bearing formations' plutonite massifs and associated porphyry copper occurrences in belt basement rises.

Key words: porphyry copper metallogenic provinces, zones, districts and clusters, volcanoplutonic belts, volcanogenic and plutonogenic formations, porphyry copper, gold, tin, lead-zinc deposits.

Южная часть Дальнего Востока охватывает территории Приамурья, Приморья и Сихотэ-Алиня. С учётом целого ряда факторов этот регион, как и Уральский, рассматривается в качестве приоритетного для поисков, оценки и эксплуатации медно-порфировых месторождений [12]. Проведенное специализированное металлогеническое районирование юга Дальнего Востока базируется на разработанных в ЦНИГРИ, неоднократно опубликованных и актуальных до настоящего времени научно-методических основах прогноза и поисков этих месторождений [4, 5, 9, 10]. В качестве основных геоструктурных элементов, вмещающих медно-порфировое оруденение, выступают андезитидные вулканоплутонические пояса, принадлежащие Амуро-Охотской (Умлекано-Огоджинский, $K_1al_2-K_2$) и Сихотэ-Алинской (Хингано-Охотский, $K_1al_1-K_2$, Западно-Сихотэ-Алинский, $K_1a_3-K_2$, Восточно-Сихотэ-Алинский, K_2km-P_1d и Колчанский, P_{2-3}) складчатым системам (СС) или подвижным поясам (рис. 1). При этом ВПП Сихотэ-Алиня продолжают на юго-запад на территорию Китая в группу Береговых поясов, а Хингано-Охотский пояс – в группу Хинган-Янляо.

Совокупность ВПП на юге Дальнего Востока образует Амурско-Сихотэ-Алинскую медно-порфировую металлогеническую провинцию. На основе Государственных геологических карт и карт полезных ископаемых масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000 (новых и предшествующих серий) проведено металлогеническое районирование провинции с выделением медно-порфировых металлогенических зон (Северо-Буреинской, Западной, Южной и Восточной), потенциальных рудных районов и узлов. Медно-порфировые металлогенические зоны (МЗ) включают продуктивные андезит-диорит-гранодиорит-монцонитовые вулканоплутонические ассоциации (ВПА), сформированные на раннем этапе становления ВПП и нередко относящиеся к сближенным в пространстве разновременным поясам. Рудные районы в пределах зон представляют собой ареалы развития массивов рудоносных плутонов и связанных с ними медно-порфировых проявлений в поднятиях фундамента ВПП.

Умлекано-Огоджинский ВПП ($K_1al_2-K_2$) сформирован на структурах северо-восточной окраины Буреинско-Ханкайского микроконтинента и частично Амуро-Охотской СС и протягивается в субширотном направлении вдоль Южно-Туруингского глубинного разлома (см. рис. 1). С юга к нему под прямым углом примыкают Восточно-Буреинская и Верхне-Зейская ветви, почти полностью скрытые под рыхлыми отложениями. Фундамент пояса на обширных площадях перекрыт отложениями J_3-K_1v , накопление которых завершилось внедрением массивов (габбро-диорит)-гранодиоритового верхнеамурского комплекса J_3-K_1 раннего неокома. В основании ВПП развита угленосная моласса K_1g-al_1 , а вышележащие «поясовые» вулканиды составляют вулканотектонические грабены (Арбинский,

Бургалинский, Тыгда-Улунгинский) по периферии Гонжинского и Октябрьского выступов фундамента, а также Огоджинский и Селитканский ареалы на структурах Амуро-Охотской СС.

В становлении Умлекано-Огоджинского ВПП в интервале $K_1al_2-K_2$ выделяются три этапа (рис. 2). Вулканиды наиболее распространённой ВПА раннего этапа, продуктивной на медно-порфировое и сопряжённое золото-серебряное оруденение, в основной части пояса представлены талданским и огоджинским андезит-дацитовыми и среднепорфировым андезибазальт-андезитовым комплексами, плутоны – массивами бурундинского и меунского комплексов габбро-монцодиорит-гранодиоритовой формации. На юге Восточно-Буреинской ветви этой ВПА принадлежат тела иороханского диоритового комплекса, а в Селитканском ареале – вулканиды инарагинского андезитового комплекса K_1al вместе с дайками и штоками габбро, диоритов и гранодиоритов с абсолютным возрастом 132–114 млн. лет. Образования второго этапа, представленные баранчинским дацит-риолитовым (K_2s-t) и селитканским диорит-гранодиорит-гранитовым комплексами, составляют основной объём Селитканского ареала. Самое высокое положение в разрезе пояса занимают вулканиды повышенной калиевой щёлочности третьего этапа: керакский дацит-риолитовый, галькинский трахибазальт-трахириолитовый и субщелочной дацит-андезитовый комплексы. Все они ограничено распространены и сопровождаются плутонами гранит-лейкогранитовой формации K_2 .

Весьма отчётливо проявлена золоторудная металлогеническая специализация Умлекано-Огоджинского ВПП. Промышленно значимыми являются месторождения золото-адуляр-кварцевой формации (Покровское, Бурундинское, Пионер, Прогнозное). В последние годы существенное значение приобрели медно-порфировые месторождения и проявления. Широко распространены золотоносные россыпи с коренными источниками золото-(сульфидно)-кварцевого типа в связи с массивами верхнеамурского комплекса в фундаменте ВПП [17].

В широтной ветви пояса выделяется *Северо-Буреинская медно-порфировая металлогеническая зона* (рис. 3), охватывающая ареал развития андезит-гранодиоритовой ВПА раннего этапа на выступах фундамента и их периферии. С телами бурундинского габбро-монцодиорит-гранодиоритового комплекса связаны медно-порфировые проявления, с вулканидами андезит-дацитового – золото-адуляр-кварцевые и золото-серебряные. Основными элементами строения МЗ являются Гонжинский и Октябрьский выступы фундамента, представляющие собой поднятия длительного унаследованного развития. Их внутренние зоны вмещают массивы гранитоидов верхнеамурского комплекса с золото-кварцевыми проявлениями, а периферические осложнены вулканотектоническими грабенами с

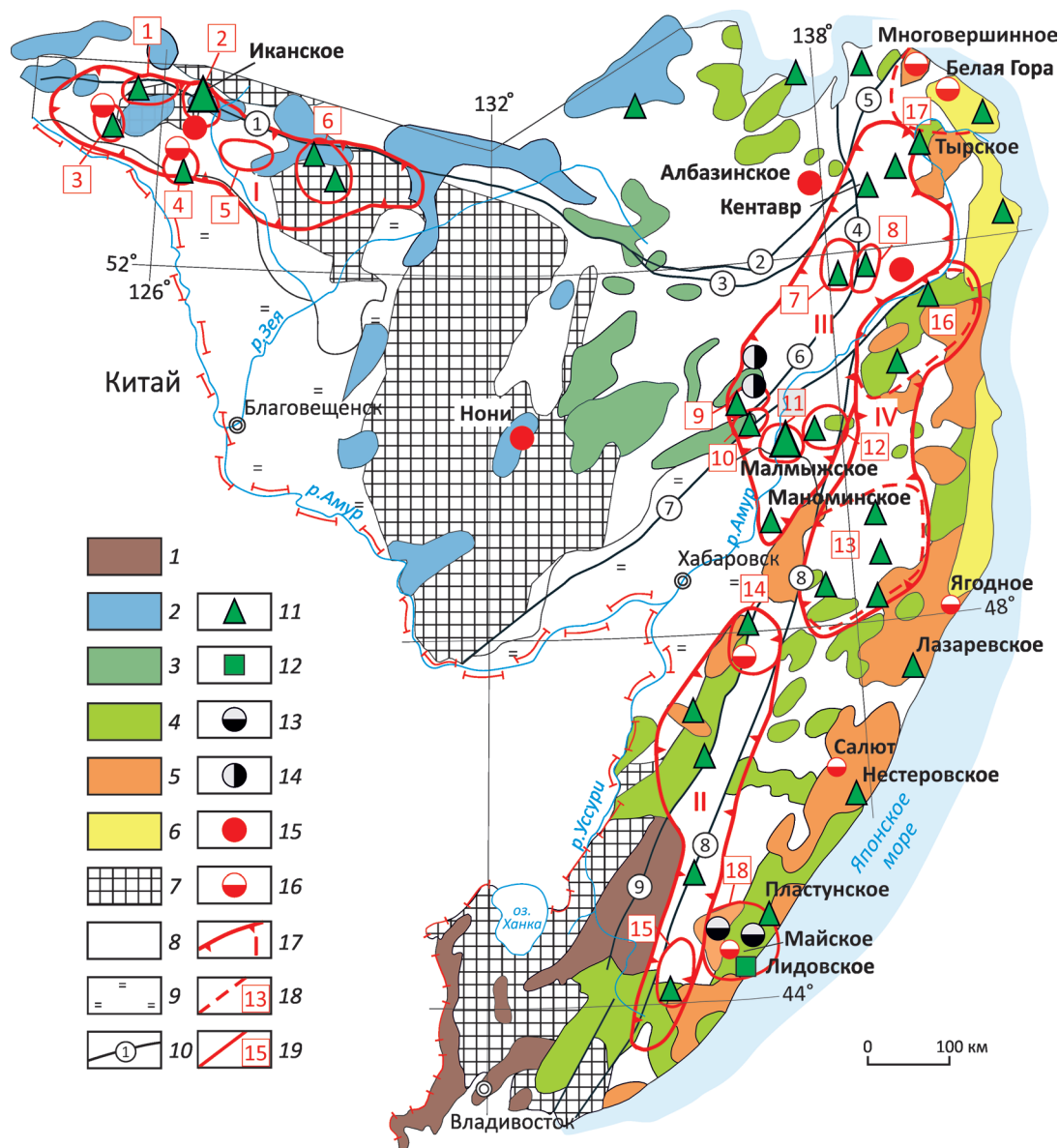


Рис. 1. Схема металлогенического районирования юга Дальнего Востока на медно-порфировое оруденение:

1–6 – ареалы развития магматических образований вулканоплутонических поясов (в порядке их становления): 1 – Ханкайского (P_{1-2}), 2 – Умлекано-Огоджинского (K_{1-2}), 3 – Хинганско-Охотского (K_{1-2}), 4 – Западно-Сихотэ-Алинского (K_{1-2}), 5 – Восточно-Сихотэ-Алинского (K_2-P_1), 6 – Колчанского (P_{2-3}); 7 – выступы докембрийского кристаллического фундамента Буреинско-Ханкайского сиалического мегаблока (архейские, протерозойские, рифейские гнейсовые, кристаллосланцевые, сланцевые, гранитоидные формационные комплексы), в том числе перекрытые палеозойско-раннемезозойским чехлом, с массивами фанерозойских гранитоидов; 8 – терригенные и вулканогенно-терригенные толщи Монголо-Охотской и Сихотэ-Алинской складчатых систем, нерасчленённые; 9 – наиболее крупные кайнозойские впадины; 10 – основные разломы (1 – Южно-Тукурингский, 2 – Пауканский, 3 – Ниланский, 4 – Лимурчанский, 5 – Дукинский, 6 – Бокторский, 7 – Харпийский, 8 – Центральный, 9 – Арсеньевский); 11–16 – месторождения (крупный знак) и проявления (мелкий знак): 11 – (молибден)-медно-порфировые, 12–14 – других рудно-формационных типов с промышленным содержанием меди в рудах: 12 – медноскарновые, 13 – свинцово-цинковые скарновые и жильные, 14 – оловорудные касситерит-силикатные, 15–16 – золоторудные: 15 – золото-сульфидно-кварцевые, золото-порфировые, 16 – золото-серебряные, золото-адуляр-кварцевые, золото-кварц-гидротермальные; металлогеническое районирование: 17 – медно-порфировые металлогенические зоны (МЗ) Амурско-Сихотэ-Алинской провинции: I – Северо-Буреинская, II – Южная, III – Западная, IV – Восточная; потенциальные медно-порфировые: 18 – рудные районы и 19 – рудные узлы: Северо-Буреинская МЗ: 1 – Игакский, 2 – Арбинский, 3 – Талданский, 4 – Тыгда-Улунгинский, 5 – Умлекано-Ясенский, 6 – Елна-Адамихинский, Западная МЗ: 7 – Кантагарский, 8 – Ямтульский, 9 – Южно-Комсомольский, 10 – Анаджаканский, 11 – Малмыжско-Болоньский, 12 – Пони-Мулинский, Южная МЗ: 14 – Дурминский, 15 – Соболинский, Восточная МЗ: 13 – Дагды-Коппинский, 16 – Окча-Уктурский; за пределами МЗ: 17 – Нижнеамурский, 18 – Лидовский

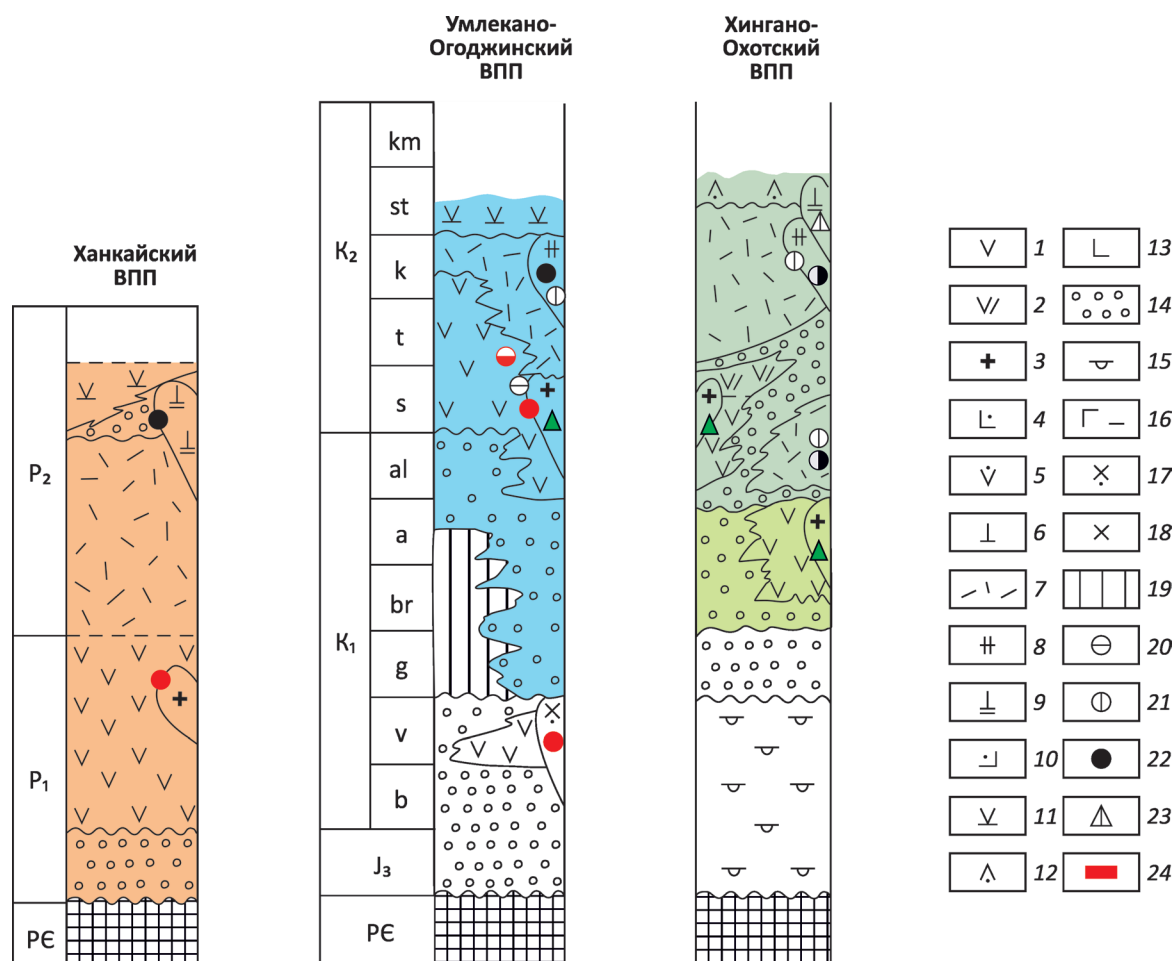


Рис. 2. Формационно-металлогенические ряды вулканоплутонических поясов западной части Амурско-Сихотэ-Алинской провинции:

вулканоплутонические ассоциации и формации разновозрастных ВПП (цвет ВПП см. на рис. 1): 1–6 – раннего этапа: 1–3 – формации андезит-дацит-диорит-гранодиоритовой ВПА: 1 – андезитовая, базальт-андезибазальт-андезитовая, андезит-дацитовая, продуктивные на золото-адуляр-кварцевое и золото-серебряное оруденение, 2 – дацитовая, андезидацитовая, дацит-риолитовая, продуктивные на золото-адуляр-кварцевое и золото-серебряное оруденение, 3 – (габбро)-диорит-гранодиоритовая, диоритовая, гранодиоритовая (нормальные и монзонитоидные), продуктивные на медно-порфировое, сопряжённое золото-сульфидно-кварцевое, медное и полиметаллическое скарновое и жильное оруденение, 4–6 – формации субщелочной андезибазальт-риолит-гранитовой ВПА: 4 – базальт-андезибазальтовая, 5 – (андезит-дацит)-риолитовая, продуктивная на золото-кварц-гидрослюдистое оруденение, 6 – (габбро, диорит)-монзонит-граносиенит-гранитовая; 7–8 – среднего этапа – формации риолит-гранодиорит-гранитовой ВПА, продуктивной на касситерит-силикатное и касситерит-сульфидное оруденение: 7 – дацит-риолитовая, риодацит-риолитовая, риолит-игнимбритовая, 8 – (габбро)-диорит-гранодиорит-гранитовая; 9–12 – позднего этапа – субщелочные (калиевые) формации, завершающие становление ВПП: 9 – гранитовая, лейкогранитовая, гранит-аляскитовая, 10 – базальт-риолитовая, 11 – андезитовая, риолит-дацит-андезитовая, 12 – дацит-риолитовая, 13 – платобазальтовая; 14–18 – формационные комплексы фундамента ВПП: 14 – молассовый – предпоясовый верхне- и частично нижнемолассовый (терригенно-вулканогенный, терригенный и терригенный угленосный), 15–18 – палеозойские и мезозойские Амуро-Охотской и Сихотэ-Алинской систем: 15 – морские терригенные, вулканогенно-терригенные, карбонатно-терригенные, 16 – островодужные вулканогенно-терригенные базальтовые, кремнисто-базальтовые, базальт-андезибазальтовые, 17–18 – гранитоидные: 17 – диорит-гранодиоритовой (J_3-K_1) и габбро-диорит-плагитогранит-гранитовой (K_2) формаций (верхне- и нижнеамурский комплексы), продуктивных на золото-кварцевое оруденение в массивах гранитоидов, золото-редкометалльно-кварцевое и золото-сульфидно-кварцевое мышьяковистое во флишиоидных толщах, 18 – габбро-гранитовая, гранодиорит-адамеллит-гранитовая (хунгарийская и татибинская серии K_1 высокоглиноземистых гранитов), продуктивных на оловянное и вольфрамовое оруденение; 19 – интервалы отсутствия стратифицированных образований; 20–24 – рудные месторождения и проявления ВПП и их фундамента: 20 – свинцово-цинковые скарновые, жильные и штокверковые, 21 – оловорудные (касситерит-силикатные и касситерит-сульфидные), 22 – вольфрамовые и олово-вольфрамовые преимущественно грейзеновые, 23 – молибденит-кварцевые жильные, 24 – золото-редкометалльные и золото-мышьяковистые стратонидные в терригенных толщах; см. услов. обозн. к рис. 1



Рис. 3. Северо-Бурейская медно-порфировая металлогеническая зона:

см. услов. обозн. к рисункам 1 и 2

вулканитами и плутонитами продуктивной ВПА с медно-порфировыми и золото-адуляр-кварцевыми объектами, а также проявлениями золото-полисульфидной и полиметаллической минерализации, свойственной периферическим частям медно-порфировых рудно-магматических систем (РМС).

Гонжинский выступ контролирует положение одноимённого золоторудного района. На его юго-восточном фланге в вулканитах андезит-дацитового комплекса локализовано Покровское золото-адуляр-кварцевое месторождение, а на восточном – месторождение Пионер. К периферическим частям выступа тяготеют потенциальные медно-порфировые рудные узлы с молибден-медно-порфировыми месторождениями и проявлениями: Арбинский с Боргуликанским, Иканским и Арбинским; Тыгда-Улунгинский с Верхнетыгдинским; Талданский с Правоталданским и Ключа Отмерного; Игакский с Порфировой и Геофизической зонами. К Октябрьскому выступу приурочен Елна-Адамихинский рудный узел, а к его западному флангу – Умлекано-Ясенский с медно-порфировыми и полиметаллическими проявлениями. Среди объектов золотосодержащего молибден-медно-порфирового типа наиболее значительное Иканское месторождение в Арбинском рудном узле в 2015 г. поставлено на Государственный баланс. Неясна степень перспективности на медно-порфировое оруденение Восточно-Бурейской ветви, где мелкие массивы рудоносного иороханского комплекса распространены в Ерикском, Нонинском, Верхнегуджалском и Пролетарском золоторудно-россыпных узлах.

В отличие от субширотного Умлекано-Огоджинского ВПП, все остальные пояса Амурско-Сихотэ-Алинской медно-порфировой провинции имеют субмеридиональное простирание, подчиняясь структурам восточ-

ной границы Бурейско-Ханкайского микроконтинента и Сихотэ-Алинской СС (см. рис. 1).

Небольшой *Ханкайский ВПП (Р)*, состоящий из двух ветвей, развит на восточной и западной периферии одноимённого дорифейского блока Бурейско-Ханкайского микроконтинента (см. рис. 1), перекрывая палеозойские толщи его чехла. Обстановки накопления вулканитов, переслаивающихся с алевролитами, песчаниками, конгломератами (владивостокская, барабашская, чандалазская, дунайская, веснянская свиты P_{1-2}), отвечают наземным и прибрежно-морским впадинам. Вулкно-плутоническая ассоциация раннего этапа становления пояса, залегающая на предпоясовой молассе, представлена вулканитами андезитового и плутонитами рязановского габбро-диорит-гранодиорит-гранитового комплекса P_2 с преобладающими гранодиоритами и поздними дайками порфировых диоритов и гранодиоритов (см. рис. 2). С массивами этого комплекса в рудных узлах Западно-Приморской зоны сопряжены золоторудные штокверки. Поздние этапы становления пояса отмечены появлением риолитового и субщелочного андезитового комплексов, а также массивов гранит-лейкогранит-граносиенитовой формации с вольфрамовой, вольфрам-молибденовой и олово-сульфидной специализациями.

Перспективы обнаружения в Ханкайском ВПП медно-порфировых объектов имеются в западных ареалах развития потенциально продуктивной ВПА, где обнаружены проявления минерализации, свойственной медно-порфировым РМС: в Комиссаровском вулканогенном прогибе – кварц-халькопирит-молибденитовые, галенит-сфалеритовые и золото-кварцевые, в Барабашском ареале – скарновые молибденит-халькопиритовые и магнетитовые [1].

Хингано-Охотский ВПП ($K_1a_1-K_2$) (ХО ВПП) сформирован на сопряжении структур Восточно-Буреинского выступа древнего Буреинско-Ханкайского массива и Сихотэ-Алинской СС. Его северный фланг заходит в пределы Амуро-Охотской системы, перекрываясь с Умлекано-Огоджинским ВПП (см. рис. 1). Гетерогенный субстрат пояса включает позднепротерозойские метаморфиты и гранитоиды названного массива, а также фанерозойские образования примыкающих к нему складчатых систем.

Наиболее полно пояс представлен в среднем звене (см. рис. 2), где в его основании залегают вулканогенно-молассовые отложения каменушинской K_1b-g_1 или бирской K_{1-2} свит. В Хингано-Олонойском ареале станолиторский андезитовый комплекс K_1 вместе с небольшими телами диоритов-кварцевых диоритов кульдурского комплекса образует ВПА раннего этапа, потенциально продуктивную на медно-порфировые руды. Вышележащие оловоносные солонечный риолит-игнимбритовый комплекс альба и сменяющий его вверх по разрезу листовичный риодацитовый K_2 принадлежат второму этапу. В строении наиболее крупного Баджальского ареала участвуют три ВПА, соответствующие трём циклам магматизма, выделенным А.Ф.Майбородой [6]. Ранняя (K_{1-2}) ВПА включает сулукский андезит-дацитовый и анникский натриевый гранодиорит-кварц-диоритовый комплексы; ВПА второго этапа – онкондинский и гербинский дацит-риолитовые игнимбритовые и баджальский (урмийский, дуссеалинский K_2) диорит-гранодиорит-гранитовый повышенной калиевой щёлочности; ВПА третьего этапа – трахидацит-трахириолитовый и габбро-монцонит-сиенитовый K_2 .

В Мяочанском ареале залегающий в его основании вулканогенно-осадочный холдоминский комплекс K_1a_3-s вместе с единичными интрузивами пурильского натриевого габбро-диорит-гранодиоритового комплекса по времени, положению в разрезе и составу близок ранней ВПА Западно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса. Следующая за ними андезит-диорит-гранодиоритовая ВПА K_1s включает амутский андезитовый комплекс с сопровождающими его мелкими телами диоритов (ранний этап ХО ВПП) и мяочанский монцонитоидный диорит-гранодиорит-гранитовый. В качестве потенциально продуктивных на медно-порфировые руды выступают интрузивы раннего этапа. Завершают магматизм граниты и гранит-порфиры чалбинского комплекса, а также монцограниты и монцогранодиориты анаджаканского. В других ареалах (Харпийском, Амгунском, Эопском, Ям-Алинском) на предпоясовой молассе развиты нормальные и субщелочные калиевые андезит-дацит-риолитовые и диорит-гранодиорит-гранитовые оловоносные комплексы ВПА второго этапа.

Участие в строении Хингано-Олонойского, Баджальского и Мяочанского ареалов ранней андезит-диорит-гранодиоритовой ВПА ставит их в ряд структур,

потенциально перспективных на медно-порфировое оруденение, что подтверждается присутствием проявлений такого типа, а также Cu и Mo в качестве сопутствующих компонентов во многих оловорудных месторождениях. Господствующая в ареалах пояса ВПА второго этапа с продуктивными на олово комплексами риолитов-субвулканических гранитов и диорит-гранодиорит-гранитовым калиевым профилем обуславливает его оловорудную специализацию.

Западно-Сихотэ-Алинский ВПП ($K_1a_3-K_2$) (ЗСА ВПП), состоящий из нескольких ареалов вулканитов и(или) плутонитов, охватывает практически все структурно-формационные зоны (СФЗ) Сихотэ-Алинской и восточный фланг Амуро-Охотской складчатой системы, а его осевая зона трассируется Центральным и другими крупными разломами (см. рис. 1). В Центральной СФЗ его фундаментом служат наиболее интенсивно дислоцированные вулканогенно-терригенно-кремнистые отложения триаса и юры с крупными включениями известняковых олистостромовых (или рифовых) тел, в Восточной СФЗ – флишеидные песчано-алевролитовые отложения K_1b-al с базальтами в Кемской подзоне, в Западной СФЗ – породы турбидитовой формации комсомольской серии K_1b-v и горнопротокской свиты K_1a-al . От фундамента пояс отделяют толщи угленосной и вулканогенно-терригенной молассы $K_1a_3-K_2s_1$.

В южном и среднем звеньях часть субстрата пояса составляют массивы K_1 коллизионных гранитоидов, в том числе высокоглинозёмистых гранитов с промышленным вольфрамовым и олово-вольфрамовым оруденением. В северном звене K_1 флишевый фундамент вмещает массивы габбро-диорит-гранодиорит (тоналит)-гранитового нижеамурского комплекса K_2 , выделенного Э.П.Изохом с коллегами [3]. Массивы гранитоидов известково-щелочного ряда с преобладанием натрия в сумме щелочей сопровождаются золото-редкометалльными (Au , W , Mo) месторождениями. Ряд фактов говорит о внедрении массивов нижеамурского комплекса в породы фундамента ЗСА ВПП до начала его становления, что в сочетании с золото-редкометалльной специализацией исключает связь с ним медно-порфирового оруденения, предполагаемую рядом исследователей.

Наиболее ранние образования ЗСА ВПП, охватывающие временной интервал K_1a_1-s-t , тяготеют к его южному звену и западной ветви (рис. 4). В крупной Алчанской депрессии предпоясовая вулканогенная моласса $K_1a_3-al_2$ надстраивается риолит-андезит-дацитовым алчанским комплексом K_1a_{2-3} , занимающим её основной объём. Комагматичные плутониты стрельниковского монцогранодиоритового комплекса, сопровождающиеся полями пропицитов и филлизитов, потенциально продуктивны на медно-порфировое оруденение. В Бирско-Белоянском ареале в среднем звене пояса выше угленосной молассы K_1b-g_1 залегают

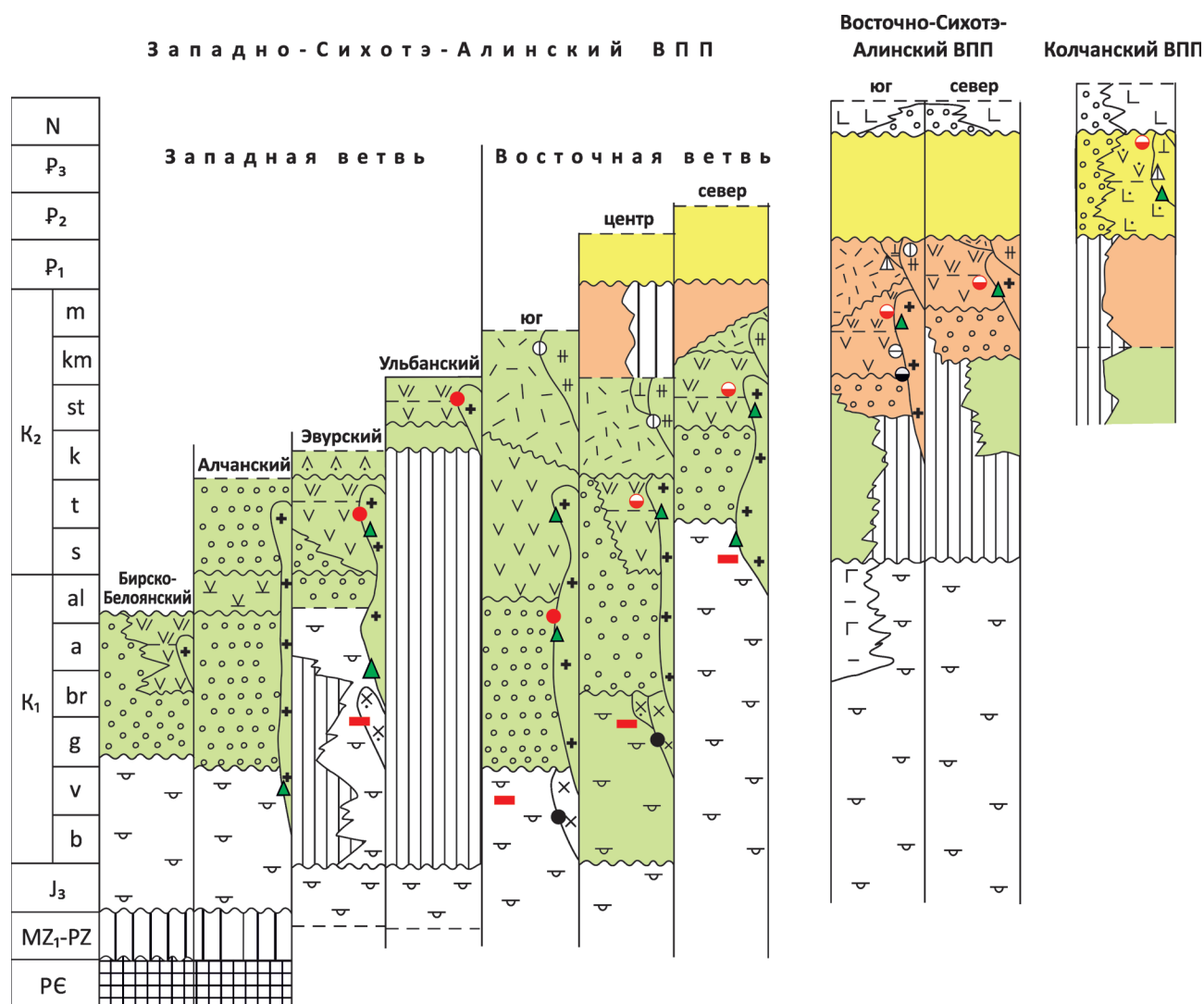


Рис. 4. Формационно-металлогенические ряды вулcano-плутонических поясов восточной части Амурско-Сихотэ-Алинской провинции:

см. услов. обозн. к рисункам 1 и 2

вулканиты K_1 большечуркинского андезитового, а на них – шуки-поктойского субщелочного дацит-риолитового комплексов. Здесь проявлено перекрытие ЗСА ВПП с Хингано-Охотским поясом, предпоясовая моласса которого перекрывает породы шуки-поктойского комплекса и вместе с вышележащим набатовским андезибазальт-андезитовым и бутакано-чуркинским гранодиорит-гранитовым комплексами фиксирует ранний этап ХО ВПП. В северо-западном, Эвурском ареале ВПА раннего этапа образована омельдинским андезитовым, ольгоконским дацит-риодацитовым (K_2t) и эвурским диорит-гранодиорит-гранитовым комплексами. Потенциальная продуктивность плутонитов на

медно-порфировые руды подтверждается их интенсивной пропилитизацией и присутствием вторичных кварцитов с Hg, As, Sb, Cu и Au.

Восточная ветвь ЗСА ВПП включает ареалы развития вулканитов и(или) плутонитов, тяготеющих к зонам Центрального и других крупных разломов и сформированных в рамках несколько более позднего временного интервала – поздний альб–сеноман–кампан–маастрихт.

В южном звене стратифицированные образования раннего этапа (K_1al_3 – K_2t) залегают на предпоясовой молассе или непосредственно на складчатом K_1 субстрате (см. рис. 4). Они включают петрозеевскую терригенно-вулканогенную толщу, черемуховский андезитовый и

синанчинский риодацит-андезитовый комплексы. По возрасту и составу им близок улунгинский монцонитоидный диорит-гранодиоритовый комплекс штоков и даек, тяготеющих к тем же структурам. Близкие возрастные датировки имеют новогорский и синегорский (монцодиорит)-гранодиоритовые комплексы с нормальным уровнем щёлочности и $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, а также корфовский гранодиорит-гранитовый с высоким содержанием Cu и Mo . Эти слабоизученные плутоны потенциально продуктивны на медно-порфировое оруденение. ВПА второго этапа ВПП ($\text{K}_2\text{st-km}$) в этом звене представлена приморским риодацит-риолитовым и ольгинским диорит-гранодиорит-гранитовым комплексами. Вулканиды, залегающие на вулканогенной молассе и породах синанчинского риодацит-андезитового комплекса, занимают значительные площади. Крупные пластовые тела гранитоидов ольгинского комплекса размещены нижней частью в терригенных породах основания пояса, а верхней – среди вулканитов приморского комплекса, надстраиваясь риолитовыми экструзивами. Близкое строение ВПП установлено и в его среднем звене, где раннему этапу отвечают андезит-риолит-гранитоидная ВПА $\text{K}_2\text{s-t}$, а среднему – риолит-гранодиоритовая ВПА $\text{K}_2\text{t-st}$. В обоих этих звеньях локально проявлены субщелочные гранитоиды и габбро-сиениты позднего этапа.

Заложение северного звена ЗСА ВПП в его восточной ветви произошло в позднем сеноне. В основании пояса в Западной СФЗ залегает терригенная мачтовая толща $\text{K}_1\text{al-s}$, вместе с поясом перекрытая кайнозойскими отложениями Среднеамурской впадины, в Центральной и Восточной СФЗ – вулканогенно-терригенная моласса удоминской ($\text{K}_2\text{t-k}$), а в Северо-Сихотэ-Алинской СФЗ – утицкой свит. Наиболее значительные вулcano-плутонические ареалы пояса размещены в Центральной и Северо-Сихотэ-Алинской СФЗ. Раннему этапу здесь принадлежат андезитовые или андезит-дацитовые комплексы (больбинский, синанчинский и их аналоги позднего сенона), а также татаркинский дацит-риолитовый комплекс.

Анализ имеющихся данных позволяет впервые выделить группу интрузивных комплексов, которые по петрохимическому составу, геологическому возрасту и геохимической специализации могут быть отнесены к магматитам раннего этапа становления ЗСА ВПП и рассматриваться в качестве потенциально продуктивных на медно-порфировое оруденение. В Северо-Сихотэ-Алинском ареале это Вьюнский, Ново-Троицкий, Гырманский и другие массивы, которые могут быть объединены в гырманский монцонитоидный диорит-гранодиоритовый комплекс; южнее, в Восточной и Центральной СФЗ – небольшие массивы K_2 баппинского и венюковского монцонитоидных габбро-диорит-гранодиоритовых комплексов; в Западной СФЗ – Тухалинский габбро-диоритовый, Наулинский монцонит-монцодиорит-гранодиоритовый интрузивы,

части Горбилинского полиформационного плутона; на правобережье р. Амур – мелкие тела монцонитов-диоритов-гранодиоритов, в том числе Болжинский, Пельхинский, Ходжарский и другие интрузивы, которые в Пони-Мулинском рудном узле сопровождаются золото-медной минерализацией. В Малмыжско-Болоньском рудном узле с золото-медно-порфировым месторождением Малмыжское в качестве продуктивного может выступать габбро-диорит-гранодиоритовый пурильский комплекс натриевого типа щёлочности, составляющий вместе с холдоминским вулканогенно-терригенным и амутским андезитовым комплексами ВПА раннего этапа Мячанского ареала ХО ВПП, перекрывающегося здесь с ЗСА поясом. Не исключено также, что интрузивы Малмыжско-Болоньского узла принадлежат самостоятельному (условно «болоньскому») комплексу, в котором, в отличие от других потенциально рудоносных комплексов ЗСА ВПП, монцонитоидный уклон не проявлен.

Вулканогенные и плутоногенные комплексы второго этапа ЗСА ВПП, широко распространённые южнее, в северном звене проявлены локально и в небольшом объёме.

В качестве северного окончания ЗСА пояса выступает Ульбанский вулcano-плутонический ареал, примыкающий к побережью Шантарского моря. ВПА раннего этапа образована савояжским андезитовым комплексом с вулканогенной молассой в основании, дацит-риодацитовой частью маймагунского дацит-риолитового комплекса с золото-серебряными проявлениями и плутонитами ульбанского габбро-диорит(монцонит)-гранодиорит-гранит(плагиогранит)-лейкогранитового комплекса ($\text{K}_2\text{st-m}$), сопровождающегося золото-кварцевыми (Медвежье одеяло) и медно-порфировыми (Укурунгру) проявлениями. Второму этапу принадлежат поздние риодацит-риолитовые экструзивно-лавовые и субвулканические тела маймагунского дацит-риолитового комплекса, а также массивы эопского гранодиорит-гранитового комплекса с проявлениями грейзенов с W и Sn .

Металлогению Западно-Схотэ-Алинского вулcano-плутонического пояса в значительной мере определяют медно-порфировые месторождения и проявления, сопряжённые с плутонитами андезит-диорит-гранодиоритовой ВПА раннего этапа, и существенно дополняет оруденение в породах фундамента, представленное в среднем и южном звеньях в основном олово-вольфрамовыми месторождениями в массивах высокоглиноземистых гранитов K_1 , а в северном – золото-редкометалльными в ареалах развития массивов K_2 нижеамурского гранитоидного комплекса.

В южном звене ЗСА ВПП выделяется Южная медно-порфировая металлогеническая зона, в пределах которой золото-медно-порфировые проявления (Лазурное, Малиновское, Верхнезолотое, Малахитовое) сопряжены с андезит-диорит-гранодиоритовой ВПА

K_2 -t (см. рис. 1). В *Соболином* рудном узле на южном фланге МЗ по результатам поисково-оценочных работ проявление Лазурное оценивается как перспективное на обнаружение промышленных медно-порфировых руд с попутными молибденом и золотом.

В *Дурминском* медно-молибден-серебро-золоторудном узле на северном фланге МЗ на Оборской площади медно-порфировые проявления вместе с рудоносными телами диоритовых порфиров и гранодиорит-порфиров локализованы во внутренней части Сидиминского полиформационного интрузива (Хвощевое) и в провисе его кровли (Долгановское). На Амхалгинской площади субвулканические тела диорит-гранодиоритовой формации ЗСА ВПП, продуктивной на медно-порфировое оруденение, сопровождаются золоторудными проявлениями (Рыбачье, Пунчи, Лесопильное, Перевальное), интенсивными ореолами Au, Ag, Cu, Zn, полями пиритизации и вторичных кварцитов, что позволяет рассматривать эту площадь как надрудный срез медно-порфировой РМС. С палеоценовой рудоносной ВПА в Дурминском рудном узле связано одноимённое месторождение золото-полисульфидно-кварцевого типа, свойственного верхним частям медно-порфировых РМС, а также несколько золото-серебряных проявлений (Корейское, Переселенка и др.), сопряжённых с мелкими телами монцогранодиоритов аванского комплекса. Перспективы рудного узла на медно-порфировые руды связаны с глубокими горизонтами и периферией Дурминского месторождения, в том числе в пределах Оборской и Амхалгинской площадей.

В северном звене ЗСА ВПП продуктивной на медно-порфировое оруденение является монцонитоидная габбро-диорит-гранодиорит-(гранитовая) формация в составе эвурского, гырманского, баппинского, пурильского комплексов K_2 . Ареалы интрузивов вместе со связанными с ними медно-порфировыми и золоторудными проявлениями определяют контуры *Западной медно-порфировой металлогенической зоны* (см. рисунки 1 и 5). В её южном замыкании расположено Маноминское медно-порфировое проявление, а севернее – Малмыжско-Болоньский и Пони-Мулинский потенциальные золото-медно-порфировые рудные узлы. Рудоносные интрузивы прорывают породы K_1 фундамента и вместе с ними перекрыты кайнозойскими отложениями Среднеамурской впадины.

Малмыжско-Болоньский рудный узел площадью около 650 км² отвечает ареалу распространения небольших рудоносных интрузивов диоритов-гранодиоритов [7]. Выявленное здесь золото-медно-порфировое месторождение Малмыжское в 2015 г. поставлено на Государственный баланс. Штокверковые золото-медно-порфировые руды тяготеют к отдельным массивам – Боккинскому кварцевых диоритов, Свободненскому диоритов-гранодиорит-порфиров и другим – и непосредственно связаны со штоками и дайками

кварцевых диорит-порфиров, гранодиоритов и гранодиорит-порфиров, фиксирующих рудную зону северо-восточного простирания протяжённостью около 15 км и шириной до 8 км с рудными телами и полями сульфидизированных вторичных кварцитов с промышленным содержанием Au, Cu и Mo. На Болоньском золото-медно-порфировом проявлении оконтурены рудные зоны Серебряная и Енотоя.

В *Пони-Мулинском* потенциальном медно-порфировом рудном узле площадью 1100 км², расположенном к северо-востоку от Малмыжско-Болоньского, многочисленные мелкие тела габбро, диоритов, гранодиорит-порфиров продуктивной формации сопровождаются золоторудными (Грибное, Пони-4) и золото-медно-порфировым (Зона Медная) проявлениями.

Анаджаканский потенциальный золото-медно-порфировый рудный узел площадью около 600 км² представляет собой ареал развития рудоносных гранодиоритовых интрузивов K_2 с мощными приконтактовыми зонами интенсивного окварцевания с кварц-сульфидными жилами и штокверками с промышленным содержанием Cu, Mo, Au и Ag. Здесь известно золото-медно-порфировое проявление Просторное, локализованное в породах рамы Анаджаканского массива гранодиоритов в ассоциации с дайками кварцевых диорит-порфиров, а также проявления Ключ Лагерный, участков Маглойский, Зоркий и Высокий.

На западном фланге МЗ в южной части Комсомольского оловорудного района выделяется *Южно-Комсомольский* потенциальный медно-порфировый рудный узел площадью 620 км², охватывающий ареалы развития мелких интрузивов гранит- и гранодиорит-порфиров натриевого типа щелочности, сопровождающихся молибденово-медными (в том числе с W и Sn) проявлениями Капрал, Пурил, Элибердан, Хурба, Левая Поха. Подобные проявления присутствуют также в Ям-Алинском (Левое-1, Дикое, Перевальное) и Дуссе-Алинском (Куюк, Куюк Правобережный и Средняя Темга и др.) оловорудных районах. Эти данные, а также известные факты повышенных содержаний меди во многих оловорудных месторождениях ХО ВПП свидетельствуют о возможности присутствия в этих районах, в том числе Комсомольском, промышленных медно-порфировых объектов.

На северном фланге Западной МЗ оконтурены Кантагарский и Ямтульский потенциальные медно-порфировые рудные узлы, тяготеющие к зоне Лимурчанского глубинного разлома (см. рис. 5). Золоторудные и медно-порфировые проявления ассоциируют с мелкими телами диоритов-гранодиоритов, которые, как и развитые здесь более крупные интрузивы гранитоидов (Дальнинский, Бокторский, Лимурчанский и др.), по составу (а Лимурчанский и по геологическому возрасту) близки эвурскому диорит-гранодиорит-гранитовому комплексу, потенциально продуктивному на медно-порфировые руды.

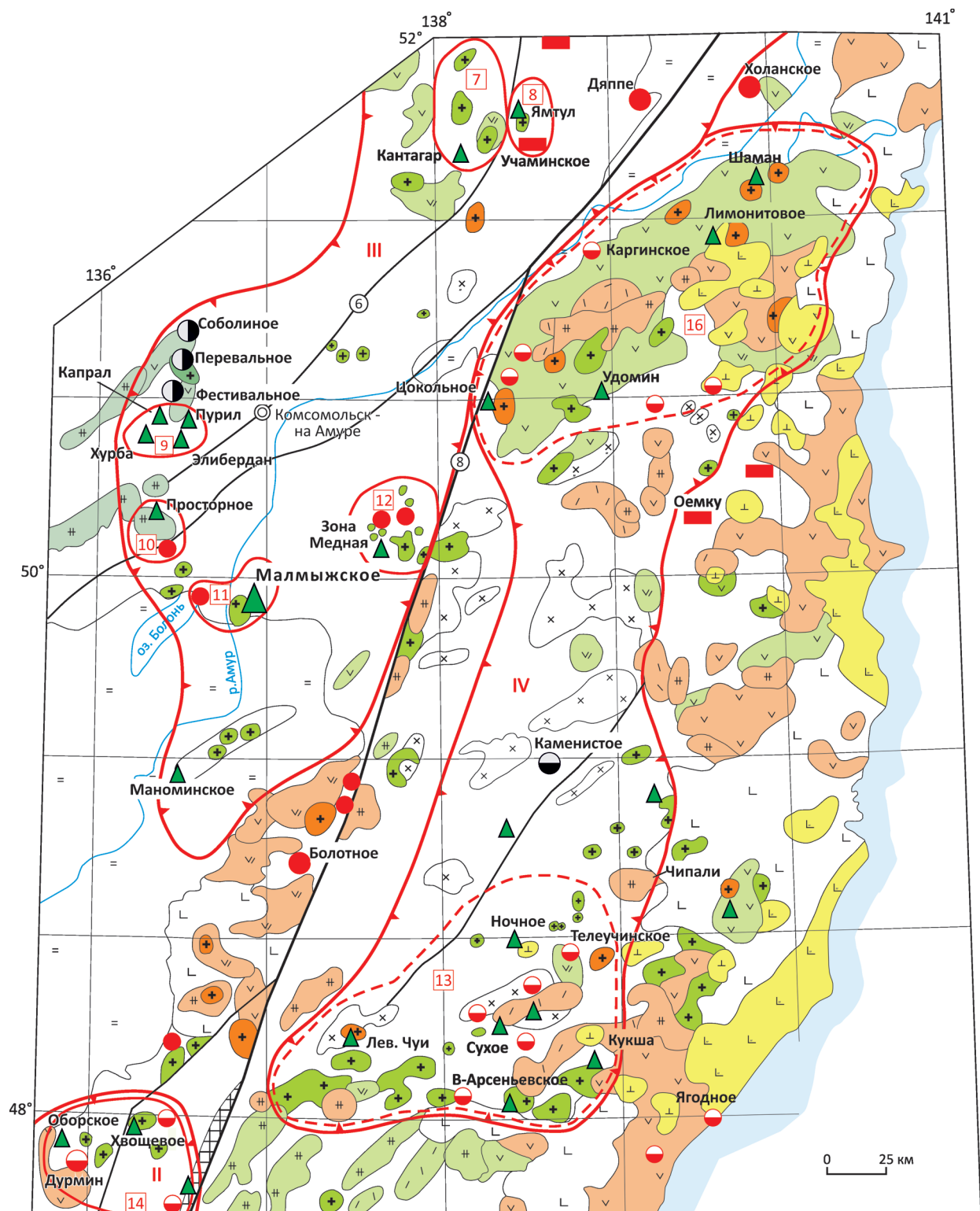


Рис. 5. Западная и Восточная медно-порфировые металлогенические зоны (центральные части):

см. услов. обозн. к рисункам 1 и 2

Кантагарский потенциальный золото-молибден-медно-порфировый рудный узел охватывает ареал развития мелких массивов, штоков и даек диоритов, кварцевых монцодиоритов и гранодиоритов эвурского, а также гранит-порфиров малоомельдинского дацит-риолитового комплексов, принадлежащих потенциально рудоносной вулcano-плутонической ассоциации Западно-Сихотэ-Алинского ВПП. С этими телами связаны сульфидно-кварцевые штокверки, брекчии с сульфидно-кварцевым цементом с Cu, Mo и Au, геохимические аномалии. Оконтулено Кантагарское золото-медное рудное поле с зонами интенсивной сульфидизации с повышенными содержаниями Cu, Mo и Au, которые в штучных пробах достигают промышленных значений. Наиболее контрастные литохимические ореолы площадью 30–40 км² представлены на проявлении Кантагар.

На площади *Ямтульского* потенциального медно-порфирового рудного узла небольшие массивы (Ямтульский, Перевальнинский), штоки и дайки гранодиоритов, кварцевых диоритов-монцодиоритов и гранодиорит-порфиров продуктивной формации развиты на площади Пильдо-Лимурийского золоторудного района. С ними связаны проявления Au, Ag, Cu и Mo, их литохимические аномалии и потоки рассеяния. По результатам детальных поисков в зоне северного эндо-экзоконтакта Ямтульского интрузива оконтулено прогнозируемое Орлиное медно-золоторудное поле площадью 8,8 км² с геохимической зональностью по схеме Cu+Mo→Au+As, характерной для медно-порфировых объектов. Выделены Главная и Орлиная рудные зоны с промышленными содержаниями Cu, Mo, Au и Ag в штучных пробах.

На северо-восточном фланге Западной МЗ, за пределами выделенных рудных узлов давно известны медно-порфировые проявления Кентавр, Ковриженское и Тырское.

Восточно-Сихотэ-Алинский ВПП (K_2km-P_d) (ВСА ВПП) протягивается вдоль восточной окраины континента, перекрываясь с Западно-Сихотэ-Алинским ВПП (см. рис. 1). На материковом склоне он ограничен Приморским швом, на западном фланге выделяется перивулканическая зона, где господствуют интрузивы, а вулканытны слагают локальные структуры. Фундаментом пояса служат терригенные и вулcano-генно-терригенные толщи от триаса до нижнего мела. В размещении различных по составу и объёму продуктов магматизма существенную роль играют поперечные разломы, разделяющие пояс с юга на север на Ольга-Тернейское, Самаргино-Совгаванское и Нижнеамурское звенья. Заложение южного звена приходится на кампан-маастрихт, а северного – на маастрихт-даний (см. рис. 4).

В южном и среднем звеньях раннему этапу его становления принадлежат северянский базальт-андезит-базальт-андезитовый и самаргинский дацит-андезитовый комплексы с вулcanoгенной молассой в основании,

дорофеевский вулcano-терригенный риолит-андезитовый, матайский и сияновский риолит-дацитовые. Близодновременно или вслед за вулканидами (маастрихт-палеоцен) образованы массивы плутонитов дальнегорского, аванского и левотормасинского диорит-гранодиорит-гранитовых комплексов, образуя с ними ВПА раннего этапа, продуктивную на медно-порфировое (плутониты) и золото-серебряное (вулканыты) оруденение. Дальнегорский комплекс тесно связан с самаргинским дацит-андезитовым (K_2m) в единых постройках. Преобладают массивы диоритов и гранодиоритов нормальной щелочности, $Na_2O \geq K_2O$. Их потенциальная продуктивность на медно-порфировое оруденение проявляется в Дальнегорском рудном районе сопряжённостью с ними медноскарного (Лидовское) и золото-серебряного (Майское) месторождений, а также повышенным содержанием Cu (0,1–0,42%) в полиметаллических рудах. С аванским комплексом в Дурминском рудном узле сопряжены золото-серебряные проявления, а с массивами левотормасинского – штокверковые золото-сульфидно-кварцевые (Болотистое, Джули, Пунчи, Перевальное и др.).

Второй этап становления ВПП в этих звеньях отмечен риолит-гранитовой ВПА. В её состав входят вулканыты боготольского риодацит-риолитового комплекса (K_2m-P_d), образующего с андезитами самаргинского и сияновского комплексов единые вулканоструктуры, а также плутониты якутинского, верхнеудоминского и июлийского комплексов. Рудная минерализация, достоверно связанная с якутинским комплексом лейкократовых и субщелочных гранитов калиевого ряда, не установлена. Верхнеудоминский габбро-диорит-гранодиорит-гранитовый и июлийский гранит-аляскитовый комплексы имеют олово-редкометалльную металлогеническую специализацию, характерную для плутонитов второго этапа ВПП.

В северном, Нижнеамурском звене в основании ВСА ВПП залегают вулcanoгенно-кремнисто-терригенные и флишоидные комплексы юры и нижнего мела, которые (по геофизическим данным) на глубине 2–4 км подстилаются высокоплотными породами, интерпретируемыми как дофанерозойский метаморфический субстрат. Вулканыты залегают на породах фундамента и на коре выветривания по образованиям ЗСА ВПП (см. рис. 4). Раннему этапу принадлежат вулканыты палеоценовых комплексов: самаргинского и сусанинского андезит-дацитовых и маломихайловского риодацитового. Интрузивные коагматы представлены бекчиулским диорит-гранодиоритовым комплексом, который по положению в строении пояса аналогичен дальнегорскому в южном звене. Бекчиулский плутон площадью 400 км² имеет зональное строение: его периферийные части сложены гранодиоритами и диоритами-монцонитами, а центральная – более поздними гранитами. В экзоконтактах интрузивов, принадлежащих ранним фазам, развиты серицит-кварцевые метасоматиты с золоторудными

талами Многовершинного месторождения, в то время как тела гранитов являются послерудными.

Магматиты палеоценовой риолит-гранодиорит-гранитовой ВПА второго этапа становления пояса, представленные вулканитами богоспольского риолит-игнимбритового и гранитоидами верхнеудоминского комплексов, имеют в северном звене ограниченное распространение. Выделенные В.А.Кайдаловым (2002) улский трахиандезитовый (P_{1-2}) и пихтачский риолит-трахидацитовый (P_3) комплексы с учётом их самого верхнего положения и субщелочного состава отнесены к третьему этапу становления ВСА ВПП.

Колчанский ВПП (P_{2-3}), наиболее полно представленный в северном окончании ВСА ВПП, выделен авторами данной статьи как самостоятельный, поскольку представлен только ВПА, характерной для раннего этапа становления андезитовых поясов (см. рис. 4). Вулканиды образуют выделенную Ю.А.Мартыновым [8] контрастную базальт-риолитовую ассоциацию P_{2-3} , состоящую из двух комплексов – раннего базальт-андезит-базальтового (сизиманского, кузнецовского) и позднего трахириолит-андезитацитового колчанского, совместно выполняющих Амуро-Акчинскую и Коль-Тывлинскую вулканоструктуры. Колчанский комплекс по ряду петрохимических особенностей близок рудоносному андезит-дацитовому ВСА ВПП и продуктивен на золото-кварц-гидрослюдистое оруденение (месторождения Белая Гора, Бухтянка). Массивы прибрежного (габбро, диорит)-монзонит-гранитового комплекса P_{2-3} , прорывающие вулканиды улского, пихтачского и кузнецовского комплексов, представляют плутогенную часть Колчанского ВПП. Потенциальная продуктивность на медно-порфировое оруденение подтверждается сопряжённостью с ними слабоизученных проявлений Си и Мо.

Наиболее поздние проявления магматизма представлены **формациями платобазальтов** N_1 и N_2-Q . Раннемиоценовые базальт-андезит-базальтовые плато (кизинская свита), увенчанные экструзивными куполами долеритов, андезитов, андезидацитов, тяготеют к субмеридиональному Береговому разлому. В континентальных впадинах вулканогенные толщи нередко фациально замещаются рыхлыми отложениями миоцена и перекрываются потоками плиоцен-четвертичных платобазальтов совгаванской свиты.

В металлогении Восточно-Сихотэ-Алинского ВПП ведущую роль играют оловорудные, олово-вольфрамовые, свинцово-цинковые, золото-серебряные месторождения, а медно-порфировые проявления имеют ограниченное распространение. В то же время в выступах фундамента западной тыловой части пояса, где за счёт перекрытия ВСА и ЗСА ВПП присутствуют две андезит-дацит-гранодиоритовые ВПА, продуктивные на медно-порфировые и сопряжённые золото-серебряные руды, медно-порфировые проявления встречаются гораздо чаще и, в отличие от Западной МЗ, ассоции-

руют с золото-серебряными. С учётом ареалов развития вулканитов и плутонитов рудоносных формаций в тыловой зоне выделена **Восточная медно-порфировая металлогеническая зона**, в пределах которой магматические образования продуктивных ВПА образуют несколько пространственно разобщённых ареалов, контролирующих размещение медно-порфировых и золото-серебряных проявлений и обладающих признаками потенциальных медно-порфировых рудных районов (см. рис. 5).

В **Дагды-Коппинском** потенциальном медно-порфировом рудном районе с вулканитами андезит-дацитового комплекса палеоценовой ВПА связаны золото-серебряные проявления, с массивами комагматического (габбро)-диорит-гранодиорит-гранитового – медно-порфировые, сконцентрированные в нескольких вулканогенно-интрузивных структурах: в Бюленей-Таучанской – молибден-медно-порфировые Ночное, уч. Ольховский и золото-серебряное Телеучинское проявления, в Верхнедагдинской – медно-порфировые Сухое (полисульфидный тип с повышенным содержанием Au и Ag), Молодое и золото-серебряные Снежное, Илистое, Второй Заур, в Верхнеботчинской – молибден-медно-порфировые Оуми, Верхнеарсеньевское и золото-серебряные проявления ручья Ракитина, Золотой и Тэнку.

Окча-Уктурский потенциальный медно-порфировый рудный район отвечает Тумнинскому вулканогенно-интрузивному ареалу, образованному магматитами рудоносных вулканогенно-плутонических ассоциаций Западно-Сихотэ-Алинского и Восточно-Сихотэ-Алинского ВПП. Вулканиды андезит-дацитовых и интрузивы габбро-диорит-гранодиоритовых комплексов K_2 и палеоцена слагают вулканогенно-плутонические структуры, контролирующие положение медно-порфировых и золото-серебряных проявлений. К Уктурской структуре приурочены молибден-медно-порфировые проявления Цокольное, Удомин и золото-серебряные нескольких типов: золото-кварц-гидрослюдистое (Прогнозное), золото-серебро-адуляр-кварцевое (Хунгарийское и Предгорненское), золото-алунитовое (Шелеховское, Правобережное). В Каргинской структуре локализованы золото-медно-порфировое Лимонитовое и золото-кварц-гидрослюдистое Каргинское проявления.

Тесная пространственная сопряжённость медно-порфировых и золото-серебряных проявлений, образованных в ходе становления вулканитов и плутонитов рудоносных ВПА, а также присутствие в рудах медно-порфировых проявлений полисульфидной минерализации с повышенным содержанием золота и серебра отражают возможное положение всех этих объектов в верхних частях комплексных РМС с медно-порфировыми рудами во внутренней зоне, масштаб которых на данной стадии изученности не может быть достоверно определён. Эти факты позволяют положительно оценивать перспективы Дагды-Коппинского и Окча-

Уктурского потенциальных рудных районов Восточной металлогенической зоны на выявление более значительных по масштабам медно-порфировых объектов.

За пределами Восточной медно-порфировой МЗ в основной вулканической зоне ВСА ВПП, где плутониты играют резко подчинённую роль, медно-порфировые проявления (Нестеровское, Пластунское, Елизаветинское, Лазаревское и др.) встречаются крайне редко. В то же время выделяется ряд выступов и относительно поднятых блоков фундамента, в том числе с длительной историей становления в режиме поднятия, которые благоприятны для формирования медно-порфировых месторождений. Так, в Самаргино-Совгаванском звене пояса интрузивно-купольные структуры продуктивной палеоценовой ВПА вмещают проявления меди (Сухой-1, Лазаревский, Чудный и др.), молибдена (Маинское и др.), золото-порфировое месторождение Ягодка (Cu 0,52%), золото-серебро-адуляр-кварцевое Приморское и золото-полисульфидные Сухой, Лужки и Бурматов Ключ с содержанием Cu 0,15–1%.

Крупный выступ фундамента тяготеет к северо-восточному окончанию ВСА ВПП и определяет положение *Нижнеамурского* золоторудного района, обладающего определёнными перспективами на обнаружение медно-порфировых месторождений (см. рис. 1). Частичное перекрытие ЗСА, ВСА и Колчанского вулкано-плутонических поясов обеспечивает присутствие здесь трёх ВПА, продуктивных на медно-порфировое и золото-серебряное оруденение. При этом с рудоносными формациями двух первых поясов сопряжены месторождения и проявления одних и тех же типов: золото-адуляр-кварцевые (месторождение Многовершинное, проявления Чайное, Кварцевая Сопка, Беличье и др.), золото-серебряные (Маго, Белоглинка), в том числе золото-полисульфидного типа (Тыльбенское, Кабачинское, Дыльменское, Горы Дубовой и др.), полиметаллические (Чаятынское, Гырман), алунитовых кварцитов (Искинское, Гряда Каменистая, Магинское). Перечисленные рудно-формационные типы характерны для периферических частей комплексных РМС с медно-порфировыми рудами во внутренней зоне [2, 9]. Возможность присутствия таких систем подтверждается наличием медно-порфировых проявлений, сопряжённых с плутонитами обоих поясов (Водораздельное, Попутное, Вилкинское, Малый Налео, хребта Мохового, Фадеевское), а также примером Многовершинного месторождения, на котором в контурах золото-адуляр-кварцевых рудных тел развита медно-порфировая минерализация, ассоциирующая со скарнами [13], что не исключает присутствия основного объёма медно-порфировых руд на глубоких горизонтах. Расположение в верхней части медно-порфировой РМС предполагается и для залежи алунитовых кварцитов месторождения Гряда Каменистая, прорванной штоком гранодиорит-порфиров [16].

Особенность Нижнеамурского рудного района – присутствие экструзивных куполов, сложенных породами колчанского трахириолит-андезидацитового комплекса и вмещающих золото-гидрослюдасто-кварцевые месторождения (Белая Гора, Бухтыанское, Полянка) и проявления (Трудное и др.) [15, 17]. На месторождении Белая Гора рудоносный экструзив надстраивает по восстановлению невоскрытый массив габбро-диоритов или диорит-монцодиоритов продуктивной ВПА, выявленный, по данным Е.П.Зарембского (1987), под ним на глубине около 1000 м геофизическими методами, что позволяет рассматривать это месторождение как периферический элемент РМС, возможно, содержащей во внутренней зоне медно-порфировые руды, как в Алмалыкском рудном районе Узбекистана [14].

Наиболее благоприятные обстановки становления комплексных РМС, определяющиеся сочетанием выступов фундамента с вулкано-тектоническими депрессиями в ареалах развития продуктивных ВПА [2], широко представлены в Нижнеамурском районе, что наряду с другими признаками позволяет рассматривать этот золоторудный район как потенциально перспективный на обнаружение медно-порфировых месторождений. Следует отметить, что рудопроявления и мелкие месторождения изучены здесь только с поверхности, месторождения Многовершинное и Белая Гора – до глубины не более 300–500 м. Если учесть, что значительная часть медно-порфировых месторождений, открытых в последние десятилетия в США, Чили, Австралии и других местах, располагается в известных рудных районах, необходимость изучения таких площадей на глубину становится очевидной.

На южном фланге Восточно-Сихотэ-Алинского ВПП в относительно поднятом блоке фундамента авторы выделили *Лидовский* потенциальный медно-порфировый рудный узел, занимающий южную часть Дальнегорского рудного района, где промышленное оруденение представлено серебро-свинцово-цинковыми месторождениями скарнового и жильного типов, а также уникальным боросиликатным Дальнегорским месторождением. Здесь известно Лидовское медно-скарновое (скарново-меднопорфировое) месторождение, в рудных телах которого, помимо Pb, Zn и Ag, содержится Cu 0,1–3,0%. Характерно также повышенное содержание Cu в свинцово-цинковых рудах – в среднем 0,1–0,42%, особенно в месторождениях Южное, Красногорское и Маймино-ское (до 1%). Эти месторождения вместе с Лидовским медноскарновым и Майским золото-серебряным составляют основу Лидовского потенциального медно-порфирового рудного узла. Сочетание перечисленных типов оруденения, сформированных в связи с единой рудоносной ВПА ВСА-пояса и сопутствующих медно-порфировому в вулкано-плутонических поясах [2, 5, 9], позволяет рассматривать Лидовский рудный узел как перспективный на выявление медно-порфировых месторождений.

Палеотектоническая позиция ВПП юга Дальнего Востока определяется их положением в геоструктурных рядах подвижных поясов (или складчатых систем), в которых они представляют собой самостоятельные геоструктуры, завершающие развитие таких систем [11]. Умлекано-Огоджинский ВПП завершает развитие внутриконтинентальной Амуро-Охотской СС и образуется после замыкания терригенно-вулканогенных морских прогибов ($T-J_2$), складчатости, внедрения синорогенных интрузивов верхнеамурского комплекса, накопления морских и континентальных моласс (J_3-K_1). ВПА пояса наложены на структуры Буреинско-Ханкайского микроконтинента и Амуро-Охотской СС предшествующей стабилизации. ВПП относится к эпиколлизионному типу.

Группа мезозойских ВПП, принадлежащих Сихотэ-Алинской СС, одновременно входит в глобальную Восточно-Азиатскую систему поясов, протягивающуюся от Чукотки до Индокитая и следующих в целом субпараллельно кайнозойским островодужным структурам Курил, Японии и Филиппин. Эти две глобальные системы разделены цепью окраинных морей – Охотское, Японское, Жёлтое, Восточно- и Южно-Китайское. Таким образом, ВПП Сихотэ-Алинской СС представляют собой типичные окраинно-континентальные периокеанические геоструктуры, образующиеся в заключительный этап формирования СС.

Пояса отличаются временем формирования при некотором омоложении их возраста с запада на восток и с юга на север (см. рис. 4). При этом одним из факторов, определяющих эту закономерность, представляется возможная миграция береговой линии новообразованного континента с запада на восток. Так, западная часть Сихотэ-Алинской СС, восточная граница которой предположительно совпадает с Самаркинской зоной (J_{2-3}), превратилась в континентальную окраину в J_3-K_1b-v , а её терригенные, вулканогенно-терригенные и карбонатно-терригенные отложения совместно с синорогенными гранитами хунгарийского, нижнеамурского и других комплексов выступают в качестве основания Западно-Сихотэ-Алинского ВПП. В это время в восточной части СС продолжал существовать морской бассейн (терригенные отложения K_1b-al), на восточном фазе которого выделяется Самаргинская островная дуга. Стабилизация тектонического режима в этой части СС в K_1al превратила её в континентальную окраину, как бы «нарастившую» формирующийся континент. В завершение развития Сихотэ-Алинской СС на этой части новообразованной окраины континента и происходит формирование Восточно-Сихотэ-Алинского и Колчанского поясов.

Таким образом, в результате специализированных прогнозно-металлогенических построений, проведенных в масштабе 1:1 000 000–1:200 000 с учётом результатов ГРП последних лет, на территории юга Дальневосточного региона установлено следующее.

1. Вулкано-плутонические пояса на юге Дальнего Востока образуют Амурско-Сихотэ-Алинскую медно-порфировую металлогеническую провинцию, в пределах которой оконтурены медно-порфировые металлогенические зоны, потенциальные рудные районы и узлы, различающиеся между собой структурными особенностями, объёмами развития плутоногенных и вулканогенных составляющих продуктивных ВПА, количеством проявлений медно-порфирового и сопряжённых типов. Наиболее перспективны Восточно-Буреинская МЗ с Иканским месторождением в Арбинском рудном узле и Западная МЗ с месторождением Малмыжское в Малмыжско-Болонском узле.

2. Высокая перспективность Западной МЗ на медно-порфировое оруденение определяется присутствием месторождения Малмыжское и, кроме того, широким развитием плутонитов впервые выделенной монцони-тоидной габбро-диорит-гранодиоритовой формации раннего этапа становления ЗСА ВПП, продуктивной на медно-порфировое (с золотом) оруденение. Помимо Малмыжско-Болонского рудного узла с установленным высоким промышленным потенциалом медно-порфирового оруденения, с учётом ряда факторов в этой МЗ выделяются потенциальные медно-порфировые рудные узлы – Пони-Мулинский, Анаджаканский, Кантагарский, Ямтульский и Южно-Комсомольский.

3. Отражением площадного перекрытия Западно- и Восточно-Сихотэ-Алинского поясов является существование в Сихотэ-Алине двух одинаковых циклов вулканизма и плутонизма раннего этапа (от андезитов до риолитов и гранодиоритов) – позднемелового и маастрихт-палеоценового, и, соответственно, двух плутоногенных формаций, продуктивных на медно-порфировое оруденение. С учётом этого в тыловой зоне ВСА ВПП выделена Восточная медно-порфировая металлогеническая зона, отличающаяся тесной сопряжённостью медно-порфировых и золото-серебряных проявлений в единых вулкано-интрузивных структурах, возможно, вмещающих комплексные РМС с медно-порфировым оруденением во внутренней зоне и золото-серебряным во внешней. Эти факты позволяют положительно оценивать перспективы Дагды-Коппинского и Окча-Уктурского потенциальных рудных районов на выявление более значительных по масштабам медно-порфировых объектов. Наиболее благоприятные обстановки для становления комплексных РМС представлены в Нижнеамурском районе, что наряду с другими признаками позволяет рассматривать этот золоторудный район как потенциально перспективный на обнаружение медно-порфировых месторождений на глубоких горизонтах.

4. Выполненное прогнозно-металлогеническое районирование Амурско-Сихотэ-Алинской провинции может быть использовано для научно обоснованного проектирования ГРП на медно-порфировое оруденение в южной части Дальневосточного региона России, в

частности, для выбора наиболее перспективных площадей и подготовки обоснований к проведению на них среднемасштабных прогнозно-минерагенических работ, необходимых для локализации новых поисковых участков.

Авторы выражают благодарность Татьяне Александровне Чуриловой, оформившей иллюстрации статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбатюк А.О. Перспективы золотоносности юго-запада Приморья. // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. Мат-лы всероссийского совещания. Т. 3. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. С. 164–165.
2. Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Прогнозно-поисковые модели комплексных рудно-магматических систем вулканоплутонических поясов Востока России // Отечественная геология. 2011. № 3. С. 13–21.
3. Интрузивные серии Северного Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья, их рудоносность и происхождение / Э.П.Изох, В.В.Русс, И.В.Кунаев, Г.И.Наговская. – М.: Наука, 1967.
4. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. – М.: Недра, 1983.
5. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф. Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. Ч. I. – М.: ЦНИГРИ, 1997.
6. Майборода А.Ф., Емельяненко А.С., Вторушина В.С. Схема магматизма Баджальской вулканической зоны // Доклады АН СССР. 1977. Т. 235. № 1. С. 155–158.
7. Малмыж – новая крупная золото-медно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине / А.Ф.Читалин, А.А.Ефимов, К.И.Воскресенский и др. // Минеральные ресурсы России. 2013. № 3. С. 65–69
8. Мартынов Ю.А. Типоморфные геохимические особенности кислых вулканитов контрастных формаций на примере Нижнего Приамурья // Тихоокеанская геология. 1986. № 1. С. 52–61.
9. Медно-порфировые месторождения / А.И.Кривцов, В.С.Звездов, И.Ф.Мигачев, О.В.Минина // Модели месторождений цветных и благородных металлов. – М.: ЦНИГРИ, 2001.
10. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов». Выпуск «Медь» / А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, А.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
11. Мигачев И.Ф. Положение андезитовидных вулканоплутонических поясов в латерально-геоструктурных рядах // Отечественная геология. 2014. № 6. С. 3–12.
12. Мигачев И.Ф., Звездов В.С., Минина О.В. Научно-методические основы прогноза и поисков медно-порфировых месторождений и перспективы их обнаружения на территории России // Отечественная геология. 2016. № 2. С. 12–22.
13. Минералогические особенности месторождения полиформационного типа (Нижнее Приамурье) // В.Д.Беда, Ю.Г.Пискунов, Б.Л.Залищак, Л.Ф.Симаненко / Рудные формации Приамурья. – Владивосток: ДВНЦ, Амурский КНИИ АН СССР, 1983. С. 54–76.
14. Минина О.В. Модель Каульдинской рудно-магматической системы (Узбекистан) как основа прогноза и поисков эпitherмальных месторождений золота // Руды и металлы. 2006. № 3. С. 83–90.
15. Мишин Л.Ф., Бердников Н.В. Вторичные кварциты и их рудоносность. – Владивосток: Дальнаука, 2003.
16. Мишин Л.Ф. Связь вторичных кварцитов месторождения Гряда Каменистая (Нижний Амур) с рудной минерализацией // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47. № 5. С. 472–484.
17. Эйриш Л.В. Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). – Владивосток: Дальнаука, 2002.

ПОДПИСЧИКАМ

Оформить подписку на журнал «Отечественная геология»
можно в почтовых отделениях связи
по каталогу «Газеты. Журналы» ОАО Агентства «Роспечать»
(подписной индекс 70824)

Периодичность – шесть номеров в год.

На электронную версию журнала можно подписаться
на сайте Научной Электронной библиотеки: <https://elibrary.ru>

Типоморфные признаки жильного кварца и их значение для прогнозирования качества кварцевых продуктов (на примере Мало-Чипикетской зоны Патомского кварценосного района, Иркутская область)

Л.Х.ГАЛИАХМЕТОВА, Н.Г.БЫДТАЕВА (Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых» (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»); 420097, г. Казань, ул. Зинина, д. 4)

Приводятся результаты изучения типоморфных признаков жильного кварца Мало-Чипикетской зоны Патомского кварценосного района. Установленные типоморфные признаки использовались для отбраковки неперспективного сырья, выделения потенциально перспективных кварцевых жил, оценки их прогнозных ресурсов и прогноза качества получаемых кварцевых продуктов.

Ключевые слова: кварцевое сырьё, жильовмещающий комплекс, типоморфные признаки, Патомский кварценосный район.

Галиахметова Лилия Хуснулловна

Быдтаева Нина Григорьевна
кандидат геолого-минералогических наук



gal-lilia@mail.ru

bdt-aleks@mail.ru

Typomorphic features of vein quartz and their significance for forecasting the quality of quartz products (example from the Malo-Chipiketsk zone of the Patomsky quartz region (Irkutsk region))

L.Kh.GALIAKHMETOVA, N.G.BYDTAEVA (Federal state unitary enterprise «Central research Institute of Geology of non-metallic minerals»)

The study results of vein quartz typomorphic signs in the Malo-Chipiketsk zone of the Patomsky quartz region are presented. The established typomorphic features were used to reject unpromising raw materials, isolate potentially promising quartz veins, assess their inferred resources, and predict the quality of the obtained quartz products.

Key words: quartz raw materials, vein-hosting complex, typomorphic features, the Patom quartz region.

Основные перспективы Сибири на кварцевое сырьё связаны с Патомским кварценосным районом, который охватывает значительную часть Прибайкальской провинции [7, 10]. В результате ранее проведённых тематических и геологоразведочных работ на площади района выявлено большое количество кварцевых жил, незначительная часть которых была оценена. Наиболее перспективной признана Мало-Чипикетская зона. В её пределах проведены поисковые работы. На этой стадии геологоразведочных работ важным является изучение комплекса типоморфных свойств кварца, которые не только характеризуют качество исходного кварцевого сырья, но и позволяют выбирать первоочередные объекты исследования, отбраковывая неперспективные.

Целью проведённой работы явилось установление типоморфных признаков жильного кварца и возможности их использования на стадии поисков для выявления

и оценки потенциально перспективных кварцевых жил, отбраковки неперспективных типов, прогноза качества получаемых кварцевых продуктов на примере Мало-Чипикетской зоны.

Патомский кварценосный район находится в северной части Прибайкальской провинции, к северо-востоку от верховьев р. Большой Патом. Дугообразная зона поднятий (Чуйское, Тонодское и Нечерское) обрамляет район с севера и востока, а в центре складчатой области размещены внутренние синклинии – Мамский и Бодайбинский. Верхне-Таймендрским разломом субширотного простирания район разделён на северный и южный блоки. Северный блок представлен линейными субширотными складками, центральной структурой которого является протяжённая до 80 км и шириной 4–5 км синформа, выполненная гранат-двуслюдяными, графитсодержащими сланцами. Южный блок,

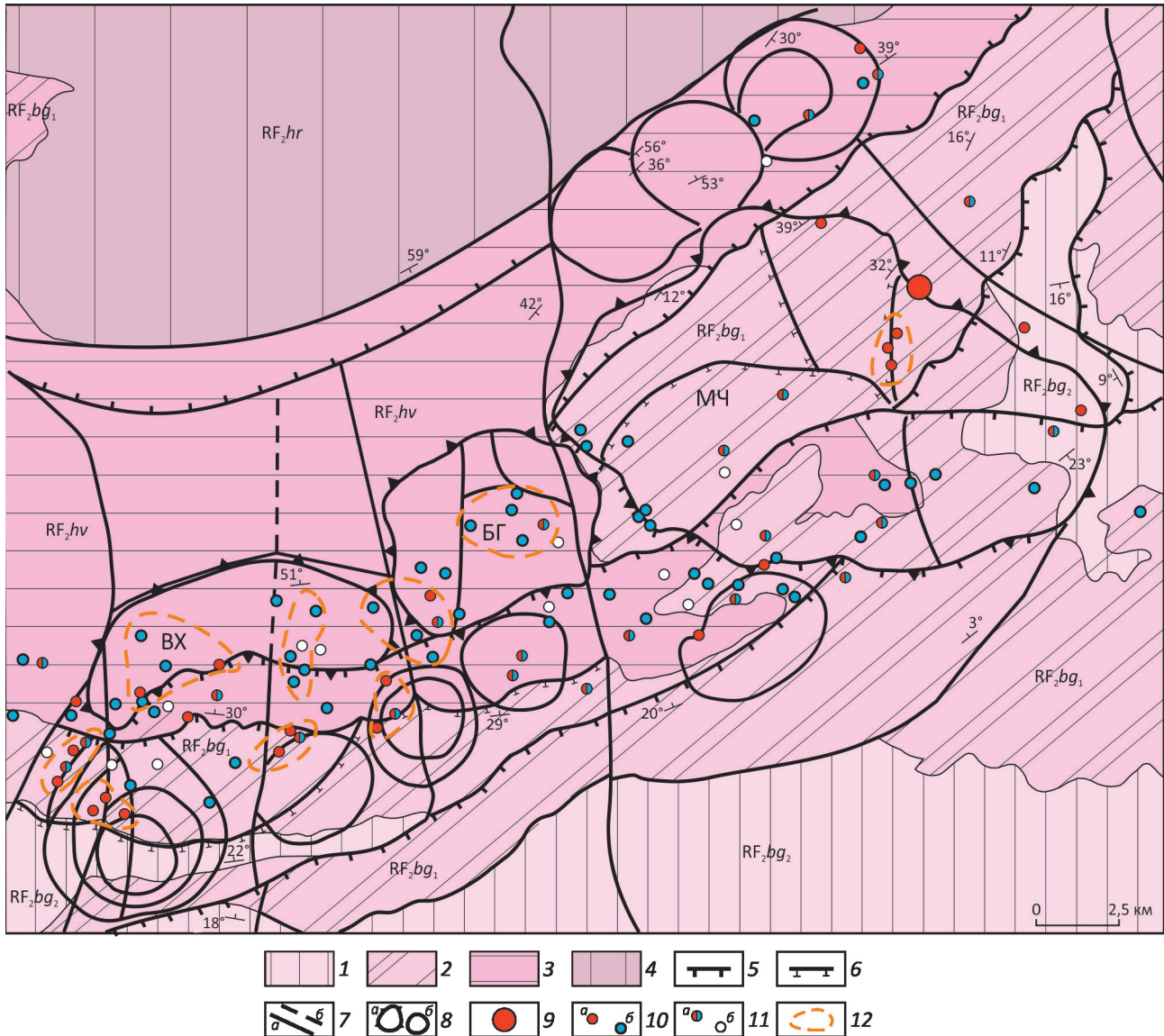


Рис. 1. Структурно-минералогическая схема Мало-Чипикетской кварценовой зоны:

бугарихтинская свита: 1 – верхняя (RF_2bg_1) и 2 – нижняя (RF_2bg_1) подсвиты; 3 – хайвергинская свита (RF_2hv); 4 – хорлухтакская свита (RF_2hr); 5 – надвиги; 6 – сбросы; 7 – сдвиги: а – достоверные, б – предполагаемые; 8 – купольно-кольцевые структуры: а – крупные: ВХ – Верхне-Хайвергинская, БГ – Бугарихтинская, МЧ – Мало-Чипикетская и б – мелкие; 9 – месторождение Жила 2821; 10 – проявления кварца: а – средне-мелкозернистого гранулированного, б – неравномерно-зернистого динамометаморфизованного; 11 – проявления: а – смешанного типа, б – гигантозернистого первично-кристаллического кварца; 12 – контуры участков локализации перспективных кварцевых жил, рекомендованные для оценки прогнозных ресурсов

выделенный как Мало-Чипикетская кварценовая зона (МЧКЗ), представляет собой шовную зону смятия с набором соответствующих структур (надвиги, купола, сдвиги, выполненные бластомилонитами, бластокатаклазитами).

Меридиональным Бугарихтинским разломом Мало-Чипикетская кварценовая зона разделена на два тектонических блока – Западный и Восточный (рис. 1).

Западный блок состоит из двух тектонических пластин, сложенных породами хайвергинской и бугарихтинской свит, обособленных в тектонические пластины, которые ограничены фрагментами региональных надвигов и субмеридиональных разломов (сдвигов). Ведущую роль в формировании кварцево-жильной минерализации МЧКЗ выполняют купольные и линейные структуры – надвиги. Жилотвещающими являются

рассланцованные породы хайвергинского и бугарихтинского комплексов. В пределах Восточного блока основную часть занимает Мало-Чипикетская куполовидная структура, представляющая собой сбросо-глыбовую впадину. Положительными (рудолокализирующими) структурами являются только дуговые блоки – горсты, образованные разломами, ограничивающими купол.

Петрографо-петрохимическое изучение вмещающих пород показало, что исходные терригенно-осадочные породы, относимые к хайвергинской и бугарихтинской свитам балаганаской подсерии среднего рифея, преобразованы в условиях зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой, редко амфиболитовой фации. В составе хайвергинской свиты преобладают гранат-слюдяные, графит-слюдистые, слюдисто-кварцевые сланцы с подчинённой ролью плагиогнейсов, кварцитов, амфиболитов, амфибол-цоизитовых пород и филлитов. Породы бугарихтинского комплекса представлены переслаиванием кварцитов, плагиогнейсов с незначительной ролью сланцев. Практически все изученные породы несут следы динамометаморфических преобразований: имеют полосчато-линзовидный и пятнистый облик, микропорфирокластические обособления, повышенное содержание углеродисто-графитового вещества.

Кварцевые жилы образуют «цепочки» скальных выходов, сопровождающиеся ореолами разрозненных глыб, валунов и щебня жильного кварца. Жилы преимущественно линзовидной, реже плитообразной форм имеют субсогласное залегание с вмещающими толщами с падением в северных румбах. Длина линзовидных жил обычно не превышает 40–50 м, мощность в раздувах достигает 5–7 м. Жилы плитообразной формы в длину нередко достигают 100 м и более.

Основные типоморфные особенности жильного кварца. Особенности физико-химических условий образования кварца и кварцевых агрегатов отражены в морфологии, структурно-текстурном облике, кристаллическом строении, физических свойствах, составе минеральных индивидов, агрегатов, продуктов их изменений, микровключений и других признаках, которые принято называть типоморфными.

Морфологические особенности. На основании полевых наблюдений и оптико-микроскопических исследований выделено три основных природных типа кварца: 1) неравномерно-зернистый динамометаморфизованный, 2) средне-мелкозернистый гранулированный, 3) гигантозернистый первично-кристаллический.

На изученной площади наиболее широко представлены жилы, сложенные неравномерно-зернистым в различной степени метаморфизованным кварцем. Наиболее крупные из них протяжённостью до 140 м при средней мощности 4 м. На поверхности жилы обнажаются в виде гривок шириной 15–20 м и высотой до 5 м. Жилы сложены светло-серым кварцем желтоватого оттенка с прозрачными и полупрозрачными зёрнами неправильной формы (рис. 2, А). Текстура в основном массивная, но иногда заметна линейность: кварцевые зёрна слегка вытянуты и ориентированы в одном направлении. Кварц нередко трещиноват, по трещинам развиваются гидроокислы железа, которые придают кварцу желтоватый оттенок. При микроскопическом изучении установлены зёрна неправильной, удлинённой формы с извилистыми, фьордовыми, зубчатыми границами, местами с входящими углами. Структура кварца гетеробластовая – размеры зёрен меняются от 1–10 мм до 2–3 см. Неравномерно-зернистый кварц в различной степени метаморфизован, следы динамометаморфизма

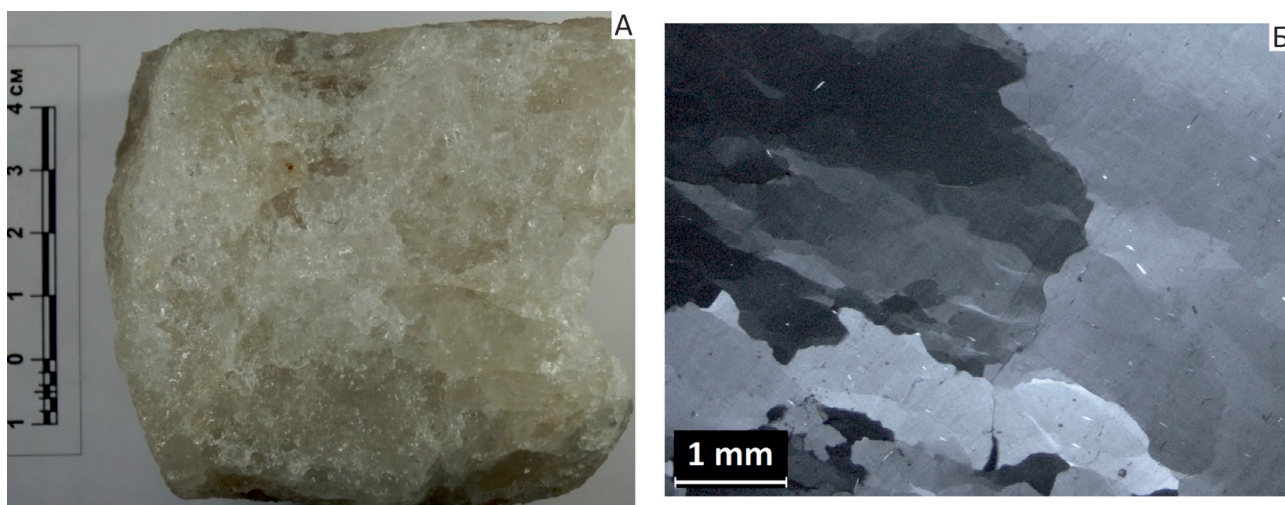


Рис. 2. Неравномерно-зернистый динамометаморфизованный кварц (А) и субструктуры метабазита в нём (Б)

запечатлены в субструктурах метакристаллов, которые представлены многочисленными факелами и пластинками деформации, полосками Бёме и деформационными изгибами (см. рис. 2, Б). Зёрна интенсивно блокованы. С увеличением степени деформации линейное блокирование зёрен переходит в неравномерное, местами с разориентировкой блоков. Для таких участков характерно мозаичное погасание. Наблюдаются пояса деформации с начальной рекристаллизацией и образованием мелких изометричных зёрен размером 0,2–0,8 мкм.

Жилы, сложенные гранулированным кварцем средне-мелкозернистой структуры, развиваются локально – в западной части Хайвергинского блока и в обрамлении Мало-Чипикетского купола (см. рис. 1). К северо-восточному обрамлению купола приурочено месторождение Мало-Чипикетское, представленное жилой 2821, с утверждёнными балансовыми запасами гранулированного кварца на плавку категории C_2 . Жила хорошо обнажена, прослеживается в коренных выходах на протяжении 150 м при средней мощности 3–4 м (рис. 3).

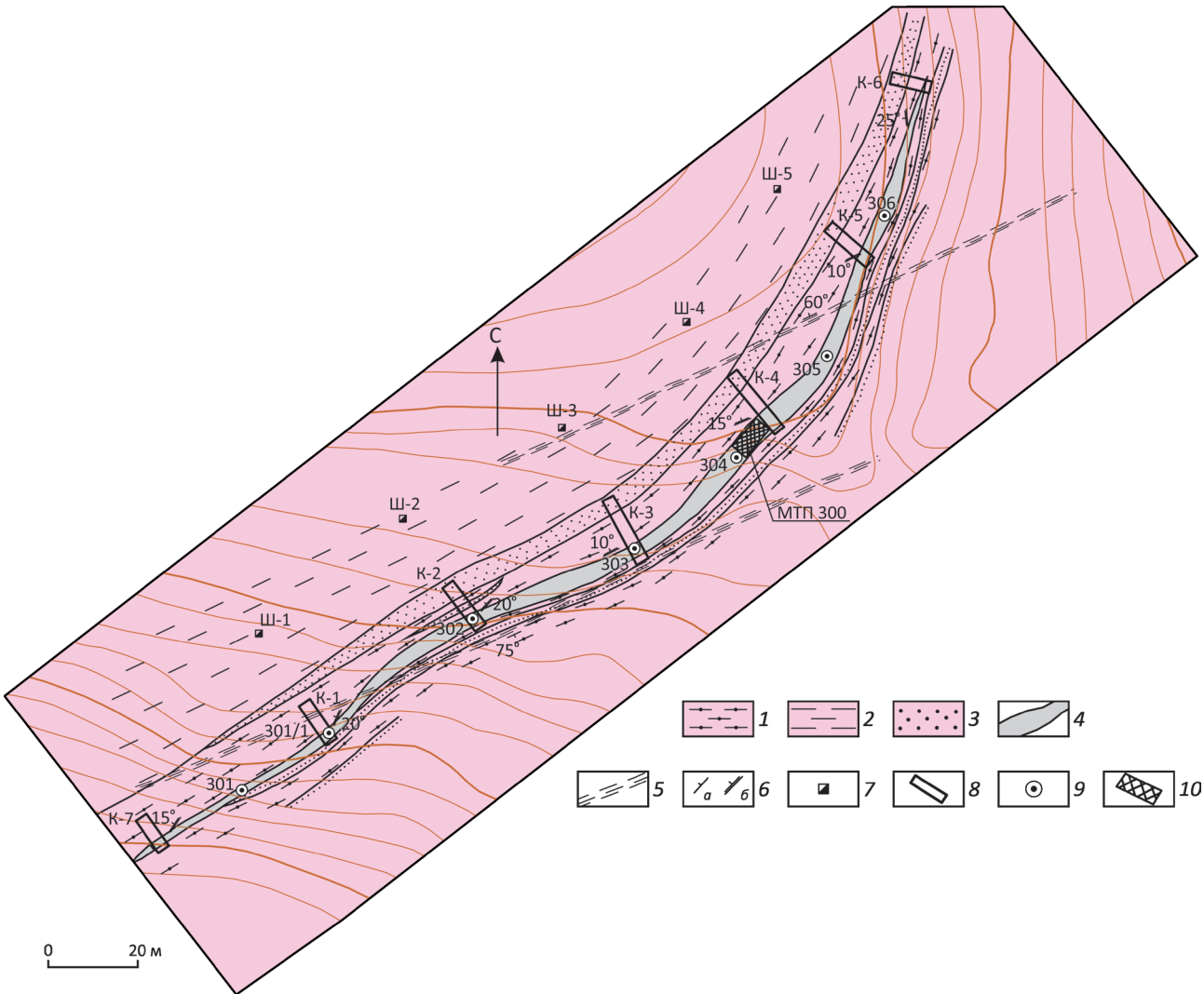


Рис. 3. Геологический план месторождения Жила 2821. Составлен с использованием материалов ЗАО «СЕВЗОТО», 2001:

1 – гнейсы гранат-биотит-мусковитовые; 2 – плагиогнейсы двуслюдяные; 3 – метапесчаники слюдисто-кварц-полевошпатовые, разнозернистые; 4 – кварцевая жила; 5 – зоны тектонических нарушений и повышенной трещиноватости; 6 – элементы залегания: а – сланцеватости, трещиноватости, б – контактов; 7 – шурф и его номер; 8 – канава и её номер; 9 – место отбора штучных проб и их номера; 10 – место отбора малой технологической пробы и её номер

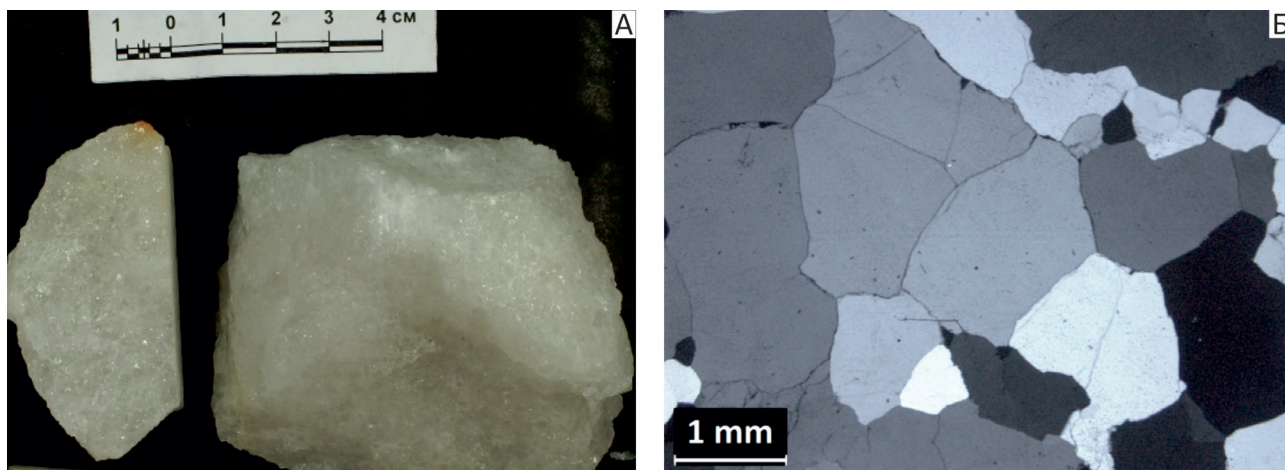


Рис. 4. Средне-мелкозернистый гранулированный кварц (А) гранобластовой структуры (Б)

Жила плитообразной формы, имеет зональное строение: в её эндоконтакте и около ксенолитов вмещающих пород выявлены зоны шириной до 0,5 м, сложенные дымчатым гранулированным кварцем, обогащённым минеральными примесями. Внутренняя зона практически мономинеральная, образована светло-серым гранулированным кварцем с прозрачными и полупрозрачными зёрнами близкой к изометричной формы размером 1–5 мм (рис. 4, А). Структура гранобластовая, равномерно-зернистая, текстура массивная, однородная. По данным оптической микроскопии, зёрна гранулированного кварца практически не содержат следов деформаций. В целом характерно однородное погасание зёрен, в редких случаях улавливается слабопроявленное волнистое погасание. Зёрна кварца имеют облик полигональной, изометричной и близкой к изометричной формы с ровными, округлыми контурами (см. рис. 4, Б).

Установлено, что жилы, сложенные гранулированным кварцем, локализуются преимущественно в породах бугарихтинского комплекса. Максимальная концентрация жил, сложенных неравномернозернистым динамометаморфизованным кварцем, выявлена в породах хайвергинского комплекса. В отдельных кварцевых жилах данные разновидности присутствуют одновременно.

Гигантозернистый первично кристаллический кварц ограниченно распространён, слагает маломощные жилы небольших размеров. Мощность жил в раздувах составляет 2–3 м, редко достигая 5 м, средняя длина по простиранию 10–15 м. Жильные зоны представлены сближенными кварцевыми телами. Макроскопически кварц выглядит как сливной с неясными очертаниями индивидов, сложен неоднородными по прозрачности

зёрнами (рис. 5, А). Замутнённость кварца неравномерная, обусловлена насыщенностью газовой-жидкими включениями, развивающимися по залеченным микротрещинам. Прозрачные участки расположены между трещинами и имеют разнообразную форму: неправильную, изометричную, вытянутую, прямоугольную, ромбовидную, линзовидную. В кварце развиты открытые и залеченные трещины разной конфигурации. Открытыми трещинами кварц разбит на блоки неправильной формы. По трещинам образуются корки и плёнки гидроокислов железа, отмечен серицит. Залеченные трещины представлены системой субпараллельных протяжённых зон, в которых концентрируются газовой-жидкие включения (см. рис. 5, Б). При микроскопическом изучении в кварце обнаружены факелы и пластинки деформации, полосы Бёма, линейное, реже неравномерное блокование. Субструктуры метатенеза, характерные для низких и средних ступеней пластических деформаций, свидетельствуют о том, что кварц не испытал заметного динамометаморфизма [5].

Минеральные включения. Исследование вещественного состава жильного кварца Мало-Чипикетской зоны позволило выявить до 20 примесных минералов: мусковит, гидроокислы железа, полевые шпаты, хлорит, биотит, фуксит, серицит, магнетит, ильменит, рутил, графит, пирит, турмалин, амфибол, сподумен, апатит, гематит, цеолит, гранат, эпидот. Наиболее распространёнными примесями всех типов кварца являются слюды, гидроокислы железа, хлорит, полевые шпаты и магнетит. Общее количество минералов-примесей варьирует от $0,01\% \times 10^{-3}$ до $905,9\% \times 10^{-3}$, в среднем составляет $109,3\% \times 10^{-3}$. Высокие содержания минеральных примесей характерны для приальбандовых участков и зон выклинивания кварцевых жил.

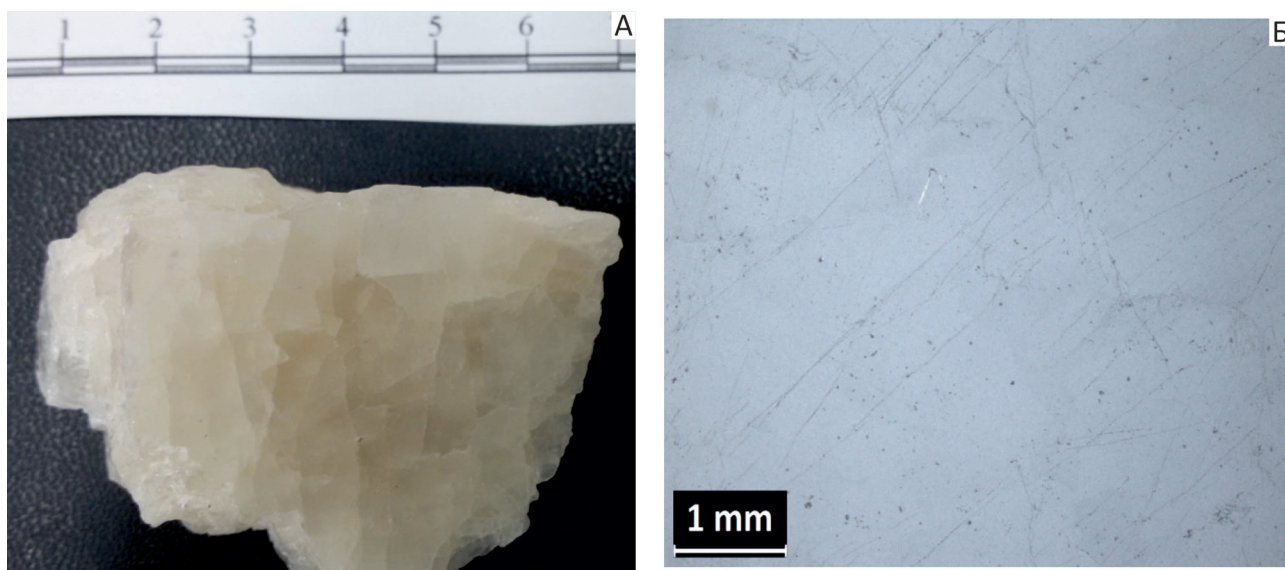


Рис. 5. Гигантозернистый первично-кристаллический кварц (А) с залеченными трещинами (Б)

Химические анализы монофракций слюд позволили классифицировать светлую слюду как мусковит с незначительным содержанием флогопит-аннитовой составляющей, а тёмную слюду как биотит с незначительной примесью титана и железистостью от 72,6 до 84,2%. Полевые шпаты отвечают составу альбит-олигоклаза с кристаллохимической формулой $(\text{Na}_{0,70} \text{Ca}_{0,07})[\text{Al}_{11,10}\text{Si}_{2,90}\text{O}_8]$.

Видовой набор минералов одинаковый для всех трёх разновидностей, за исключением обнаруженных только в гигантозернистом первично-кристаллическом кварце волосовидных вростков рутила. Гранулированный кварц характеризуется наименьшим содержанием минеральных включений, основная доля которых приходится на мусковит и хлорит, расположенные в межзерновом пространстве, и гидроокислы железа в виде плёнок и примазок. Другие минералы содержатся в единичных знаках и обнаружены в единичных пробах. Важнейшая особенность гранулированного кварца – отсутствие полевых шпатов в кварце центральных частей жил и в целом.

Минерализация неравномерно-зернистого динамометаморфизованного кварца значительно выше. В данном кварце в порядке убывания присутствуют мусковит, гидроокислы железа, полевой шпат, серицит и биотит, встречаются магнетит, пирит и графит. Основная масса минеральных примесей содержится в межзерновом пространстве и в трещинах, что позволяет предположить высокую обогатимость сырья, даже при повышенной минерализации. Локализация минеральных включений по периферии кварцевых зёрен или в трещинах

облегчает их вскрытие при дроблении, химической обработке проб (кислотное травление) и нагревании.

В гигантозернистом первично-кристаллическом кварце присутствуют многочисленные мелкодисперсные включения мусковита и серицита, мелкие включения биотита и тонкие волосовидные включения рутила внутри кварцевых зёрен. Включения мусковита и биотита, расположенные внутри кварцевых зёрен, являются трудноудаляемыми примесями. Наличие тонких игольчатых включений рутила резко снижает эффективность и затрудняет процесс обогащения, поскольку они практически не удалимы из кварца.

Газово-жидкие включения. Степень насыщенности кварца газово-жидкими включениями – один из наиболее значимых типоморфных признаков. Для относительной оценки количества газово-жидких включений в кварце используется метод определения коэффициента светопропускания (T , %). Коэффициент светопропускания регламентируется техническими условиями (ТУ) на определённые виды кварцевых продуктов и позволяет предварительно разбраковывать кварцевое сырьё по возможным сферам его использования.

По показателю светопропускания выделенные природные типы кварца довольно чётко отличаются друг от друга. Средне-мелкозернистый гранулированный кварц обладает стабильно высоким коэффициентом светопропускания – 69,2–82%. Коэффициент светопропускания неравномерно-зернистого динамометаморфизованного кварца составляет 53,7–80,8%. Для гигантозернистого первично-кристаллического кварца характерен наиболее широкий диапазон значений коэффициента

светопропускания – от 35,3 до 80,2%, что обусловлено наличием высокопрозрачных стекловидных и замутнённых молочно-белых участков в пределах одного образца. Следует также отметить, что данный показатель после глубокого обогащения в среднем может увеличиваться на 10%.

Состав газовой-жидких включений был установлен хроматографическим анализом. Согласно полученным данным, включения имеют углекислотно-водный состав. Значительных отличий в составе флюидных включений различных природных типов кварца не обнаружено, что свидетельствует о единой минерало-образующей системе. Общее количество газов, выделившихся при нагреве кварцевого порошка в корундовом тигле со скоростью 10°C/мин., было зафиксировано в интервалах 100°–600°C и 600°–1000°C. Наиболее интенсивное газоотделение во всех изученных пробах зарегистрировано в интервале 100°–600°C. Очевидно, что в этом температурном интервале происходит растрескивание большей части газовой-жидких включений. В интервале температур 100°–600°C общее содержание газов составляет 35,97–120,82 мкг/г, из них на долю H₂O приходится 35,5–120,2 мкг/г (90,3–99,8%). Содержание CO₂ не превышает 2,2 мкг/г (7,7%). Также отмечается незначительное количество CO и CH₄.

В высокотемпературной области газовой-выделение резко сокращается. Здесь, вероятно, происходит вскрытие оставшихся мельчайших газовой-жидких включений и, возможно, удаление структурно связанной воды. Общее количество выделенных газов снижается до 12,7–35,1 мкг/г. При этом уменьшается доля H₂O в составе газов (89,3–97,7%) и увеличивается доля CO до 1,2 мкг/г, что соответствует 6,8% от общего количества газов. Выделение CO₂ в высокотемпературном и низкотемпературном интервалах меняется незначительно.

В низкотемпературном интервале максимальное содержание выделившихся газов наблюдается в гигантозернистом первично кристаллическом кварце. В неравнозернистом динамометаморфизованном кварце газовой-выделение значительно ниже. Минимальное газовой-выделение зафиксировано в средне-мелкозернистом гранулированном кварце. В высокотемпературном интервале граница между выделенными типами стано-

вится менее заметной. Это связано с тем, что в гигантозернистом кварце присутствует большое количество крупных включений, которые достаточно легко удаляются при нагревании, тогда как мельчайшие газовые включения, диагностируемые оптико-микроскопическими исследованиями во всех типах кварца, вскрываются только при больших перегревах.

Структурные примеси. Содержание структурных примесей в кварце объективно отражает особенности его генезиса и может быть использовано в качестве критерия прогнозирования и оценки объектов, особенно на ранних стадиях геологоразведочных работ [9]. Концентрация структурных примесей позволяет оценить предельную чистоту сырья, которой можно добиться после его обогащения, так как очистка кварца от структурных примесей при современных методах обогащения не представляется возможной.

В качестве структурных примесей, входящих в кристаллическую решётку кварца, установлены Al, Ti, Ge, Fe, Li, Na, H [6, 13]. Алюминий признан наиболее способным замещать кремний элементом в тетраэдрических позициях силикатов, включая кварц: Al³⁺ замещает Si⁴⁺, при этом процесс сопровождается захватом положительных катионов H⁺, Li⁺, Na⁺, Fe²⁺ и др., компенсирующих заряд [13].

Исследования структурных примесей в кварце методом ЭПР-спектроскопии показали, что минимальные концентрации данного центра характерны для средне-мелкозернистого гранулированного кварца. Считается, что в процессе грануляции в условиях повышенных давлений происходит очищение кварца от элементов-примесей, в том числе и от структурных, а также исчезают все существенные дефекты кристаллов, обуславливающие повышенную энергию индивидов [4, 9]. Помимо Al-O-центров в изученных типах кварца обнаружены Ge- и Ti-центры (табл. 1).

Химические элементы-примеси. Содержание химических элементов-примесей в кварце является характеристикой, определяющей качество сырья. Суммарное содержание примесей, а также содержание отдельно взятых элементов строго регламентируются действующими техническими условиями (ТУ) на различные виды кварцевой продукции.

1. Концентрация парамагнитных центров в различных типах кварца

Тип кварца (число анализов)	[Al-O], сп/г×10 ¹⁶	(Ge ³⁺ /Li), сп/г×10 ¹⁴	(Ti ³⁺ /Li), сп/г×10 ¹⁶
Неравномерно-зернистый метаморфизованный (n=9)	83,2–116,1 101,2	19,1–40 28,6	5,7–10,2 7,4
Средне-мелкозернистый гранулированный (n=6)	61,8–94 80,8	18,9–33,2 27,6	5,3–11,9 8,2

Примечание. Анализы сделаны в лаборатории АТСИЦ ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» (аналитик Э.Р.Гимадиев); в числителе указаны минимальное и максимальное значения концентрации парамагнитных центров, в знаменателе – среднее.

2. Среднее содержание элементов-примесей в природном кварце Мало-Чипикетской зоны

Тип кварца (число анализов)	Среднее содержание элементов-примесей, ppm															$\Sigma_{эл}$
	Al	Ti	Ca	Mg	Cu	Cr	Ni	Co	Mn	Na	K	Li	P	Fe	B	
Неравномерно-зернистый метаморфизованный (n=19)	39,4	3,1	6,2	2,1	0,4	5,5	0,2	0,02	0,9	12,1	10,6	1,4	5,3	87,4	0,1	174,5
Средне-мелкозернистый гранулированный (n=24)	27,9	2,4	2,4	1,7	0,4	4,5	0,2	0,02	0,8	6,9	6,9	1,2	2,5	45,3	0,1	103,2
Гигантозернистый первично-кристаллический (n=11)	47,6	3,2	8,3	2,1	0,4	5,4	0,2	0,01	0,9	5,9	5,3	1,7	3,6	103	0,2	187,9

Примечание. Определение элементов-примесей производилось методом атомной эмиссии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в лаборатории АТСИЦ ФГУП «ЦНИИгеолнатур»; аналитики: О.В.Вишневская, М.Ш.Дрешер, Р.Р.Гильмутдинов.

Основными примесями жильного кварца Мало-Чипикетской зоны являются Al, Fe, Na, K, Li, Ca, P и Ti (табл. 2). Повышенная концентрация Fe связана в основном с приповерхностным ожелезнением, Li присутствует преимущественно в структурной форме, Al и Ti частично входят в структуру кварца, остальные элементы обнаруживают прямую зависимость от содержания минеральных включений.

Содержание радиоактивных элементов (U и Th) в кварце колеблется в диапазоне от 0,002 до 4,581 ppm.

В целом среди выделенных типов наиболее чистым природным сырьём является гранулированный средне-мелкозернистый кварц, сумма элементов-примесей в необогащённых пробах отдельных жил, сложенных кварцем данного типа, не превышает 25–30 ppm, что соответствует требованиям действующих ТУ на различные виды кварцевой продукции. Самые высокие концентрации элементов-примесей характерны для гигантозернистого первично-кристаллического кварца.

При сравнении кварцевого сырья МЧКЗ с сырьём наиболее изученных кварценозных районов Российской Федерации с выявленными промышленными типами кварцевого сырья необходимо отметить следующее.

Промышленными типами кварцевого сырья в настоящее время являются гранулированный и прозрачный (стекловидный) кварц [10]. Эталонными объектами гранулированного кварца являются кварцево-жильные образования Уфалейского кварценозного района Среднего Урала [3, 8, 11 и др.]. В пределах месторождений района выделены 4 основных типа гранулированного кварца: «кыштымский», «уфалейский», «слядяногорский» и «егустинский» [1, 11].

По структурно-текстурным особенностям и коэффициенту светопропускания гранулированный кварц МЧКЗ наиболее близок к «кыштымскому» типу, который представляет собой агрегат средне-крупнозернистого однородно гранулированного кварца. Образование кварца «кыштымского» типа происходило под воздействием процессов поздней коллизии из крупно-

гигантозернистого ранее образованного кварца, жилы которого локализуются на площади позднепалеозойского эклогит-сланцевого мегамеланжа, слагающего основной объём куртинской тектонической пластины. Жилы встречаются в виде кулис, согласно залегающих среди барических бластомилонитов, в составе которых отмечены дистен, парагонит, фенгит, цоизит [2]. Жилы гранулированного кварца «кыштымского» типа локализуются в породах высокобарического куртинского комплекса, отличаются повышенным содержанием минеральных примесей. Гранулированный кварц Мало-Чипикетской кварценозной зоны характеризуется относительно высокой химической чистотой, высоким светопропусканием. Жилотвещающие породы представлены кварцито-гнейсовыми породами. Поэтому гранулированный кварц изученного района не может быть отнесён к «кыштымскому» рудно-формационному типу, и авторами предлагается выделить его в самостоятельный «патомский» тип.

Формация крупнозернистого «стекловидного» кварца представлена на объектах Приполярно-Уральского кварценозного района. На Приполярном Урале распространены жилы, залегающие согласно со сланцеватостью и сложенные крупно-гигантозернистым полупрозрачным и прозрачным кварцем с низким содержанием минеральных примесей, достаточно высокой химической чистоты с коэффициентом светопропускания 72–86% («неройский» тип). Вмещающие породы представлены сланцами, кварцитами, карбонатными породами. Характерно присутствие даек основного состава, выполняющих роль жёстких пород. Неравномерно-зернистый динамометаморфизованный кварц МЧКЗ близок по ряду признаков к «неройскому» типу, но отличается от него по геологическим особенностям нахождения, принадлежностью к кварцево-хрусталенозной формации.

В заключение следует отметить, что изучение типоморфных признаков жильного кварца Мало-Чипикетской кварценозной зоны позволило выделить по комплексу признаков три природных типа кварца,

различающихся по минералого-геохимическим и физическим признакам. В качестве перспективных выделены жилы, сложенные гранулированным и неравномерно-зернистым динамометаморфизованным кварцем.

Гранулированный кварц характеризуется высоким светопропусканием, повышенной химической чистотой. Локализация минеральных включений в межзерновом пространстве и в трещинах обеспечивает высокую обогащаемость этого типа кварца и позволяет рассматривать его как сырьё для получения высокочистых кварцевых концентратов. Неравномерно-зернистый динамометаморфизованный кварц обладает пониженным светопропусканием и повышенной минерализацией, что затрудняет получение высокочистых концентратов. Этот природный тип кварцевого сырья потенциально пригоден для производства рядового кварцевого стекла. Гигантозернистый первично-кристаллический кварц является труднообогащаемым сырьём из-за высокого содержания газово-жидких включений, наличия тонкодисперсных включений мусковита, биотита и волосовидных включений рутила. Химически чистые разновидности гигантозернистого кварца могут быть использованы в качестве шихты для синтеза искусственных кристаллов кварца.

Содержание элементов U и Th сопоставлялось с требованиями к ультрачистым микропорошкам для специальных сфер назначения, в которых содержание этих элементов в сумме не должно превышать 1 ppb. Содержание U и Th в подрешётном продукте фракции –0,1 мм изученных проб превышает норматив в несколько раз, что не позволяет использовать его в качестве высокочистых порошков спецназначения.

Выделенные перспективные типы кварцевого сырья, различающиеся структурно-текстурными особенностями, минеральным и химическим составом, показателем светопропускания, приуроченностью к различным структурно-вещественным комплексам, могут быть отнесены к двум рудным формациям – кварцито-гнейсовой гранулированного кварца и сланцевой неравномерно-зернистого динамометаморфизованного кварца. Гранулированный кварц со светопропусканием выше 80% может быть использован в высоких технологиях и микроэлектронике, а неравномерно-зернистый динамометаморфизованный кварц – в светотехнических отраслях промышленности.

На основе полученных результатов изучения типоморфных признаков кварца были выделены и описаны перспективные участки кварцевых жил для оценки прогнозных ресурсов двух рудно-формационных типов (см. рис. 1).

Результаты изучения типоморфных признаков кварца на ранних этапах изучения кварценозных площадей значительно повышают информативность геологи-

ческих исследований и способствуют решению ряда практических геологических задач, связанных с выделением перспективных участков (потенциальных месторождений), прогнозированием качества сырья и выбором технологических схем его обогащения.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» в содружестве с ОАО «Кыштымский ГОК» и АО «Иркутскгеофизика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белковский А.И.* Генетические типы жильного кварца эфлогит-сланцевых комплексов (на примере Урала и Северного Казахстана) // Тектоника, магматизм, метаморфизм и металлогения зоны сочленения Урала и Восточно-Европейской платформы. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976.
2. *Белковский А.И.* Геология и минералогия кварцевых жил Кыштымского месторождения (Средний Урал). – Миасс: ИМин УРО РАН, 2011.
3. *Вертушков Г.Н., Борисков Ф.Ф., Емлин Э.Ф.* Жильный кварц восточного склона Урала / Труды СГИ. Вып. 66. – Свердловск, 1969.
4. *Емлин Э.Ф., Синкевич Г.А., Якишин В.И.* Жильный кварц Урала в науке и технике. – Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1988.
5. *Кораго А.А., Козлов А.В.* Текстуры и структуры жильного кварца хрусталеносных областей. – Л.: Недра, 1988.
6. *Кошуг Д.Г., Вяткин С.В., Федюченко С.В.* Оценка концентраций структурных примесей в кварце методом ЭПР // Мат-лы Всероссийского совещания (24–27 мая 2011 г.). – Миасс–Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С. 90–93.
7. *Малышев А.Г.* Особенности формирования кварцевых жил в Патомском нагорье / Докл. АН СССР. 1987. Т. 292. № 2. С. 430–432.
8. *Мельников Е.П.* Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца. – М.: Недра, 1988.
9. *Минерагения шовных зон Урала* / В.А.Коротеев, В.Н.Огородников, В.Н.Сазонов, Ю.А.Поленов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2010.
10. *Перспективы использования кварцевого сырья России в высоких технологиях* / Е.М.Аксенов, Н.Г.Быдтаева, Ю.И.Бурьян и др. // Разведка и охрана недр. 2015. № 9. С. 57–66.
11. *Поленов Ю.А.* Эндогенные кварцево-жильные образования Урала. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.
12. *Предварительная оценка качества кварцевого сырья Урала и Восточного Саяна по комплексу типоморфных признаков кварца* / Н.Г.Быдтаева, Н.Н.Борозновская, Т.Г.Быдтаева, И.М.Милеева // Кварц и кремнезем. Мат-лы международного семинара. – Сыктывкар, 2004. С. 205–206.
13. *Раков Л.Т.* Общие закономерности образования структурных дефектов в кварце // Геохимия. 2005. № 11. С. 1196–1207.

Флюоритоносность раннепермской трахириолит-лейкогранитной вулканоплутонической ассоциации (Срединный Тянь-Шань)

Я.М.РАФИКОВ (Институт геологии и геофизики имени Х.А.Абдуллаева Академии наук Республики Узбекистан; 100041, РУз, г. Ташкент, ул. Олимлар, д. 49),
Р.Г.ЮСУПОВ (НПО «Ветеран геологии» Узбекского Комитета геологии Республики Узбекистан; 100021, РУз, г. Ташкент, ул. Фурката, д. 4)

Раннепермские флюоритовые оруденения связаны с трахириолит-лейкогранитовыми вулканоплутоническими ассоциациями и представляют собой промышленные эпитеpмальные типы флюоритового оруденения (кварцево-флюоритовые, баритофлюоритовые, флюорит-ураноториевые, редкометалльно- и редкоземельно-флюоритовые группы формаций).

Ключевые слова: флюорит, флюиды, редкоземельные, редкометалльные, акцессории.

Рафиков Ялкин Мухамедович
кандидат геолого-минералогических наук

rrustem-78@yandex.ru



Юсупов Рустам Гумерович
кандидат геолого-минералогических наук

Fluorite-bearing early Permian trachyrhyolite-leucogranitic volcano-plutonic associations (Middle Tien-Shan)

Ya.M.RAFIKOV (H.A.Abdullaev Institute of Geology and Geophysics, Republic of Uzbekistan Academy of Sciences),
R.G.YUSUPOV («Geology veteran» non-governmental non-profit organization, Uzbek Geology Committee, Republic of Uzbekistan)

Epimagmatogenic derivatives of fluorite lower Permian trachyrhyolite-leucogranitic volcano-plutonic associations represent economic epithermal types of fluorite mineralization (quartz-fluoritic, barite-fluoritic, rare metal and rare earth-fluoritic groups of formations).

Key words: fluorite, fluids, rare-earth, rare metal, accessories.

В раннепермское время особенности развития земной коры Чаткальской и Кураминской структурно-формационных зон определялись процессами тектоно-магматической активизации, осложнёнными функционированием «горячей точки» с аномально высокими параметрами термо-барофильности. На фоне изостатического равновесия земной коры в интервале 279–280 млн. лет в пределах зон происходило внедрение интрузивов гранит-лейкогранитовой формации, а затем и их комагматов риолит-трахириолитовой формации (в интервале 290–296 млн. лет, по данным В.Н.Волкова и Я.М.Рафикова по К-Аг и Rb-Sr, лаборатория ИГЕМ РАН).

Порфириовидные граниты и аляскиты [2] гранит-лейкогранитовой формации принадлежат к «стандартным» типам гранитов (редкометалльные субщелочные лейкограниты и др.). Кислые магматические комплексы внутриплитной стадии развития территории [2] обогащены насыщенными (F, Cl, B, H₂O) флюидами, а их акцессорно-минеральные составы представлены

тантало-ниобатами, фосфатами, минералами, содержащими редкоземельные элементы, минералами Sn, Pb, Zn, В и др.

Носителем промышленного флюоритового оруденения Чаткало-Кураминской активной континентальной окраины являются кварц-барит-сульфидно-флюоритовые и кварц-флюоритовые жильные рудные тела, которые находятся в определённой взаимозависимости. Флюоритовое оруденение связано с трахириолит-гранитными вулканоплутоническими образованиями, их редкометалльностью (редкоземельностью), акцессорно-минеральными обособлениями (камерные пегматиты), оруденелыми грейзенами, скарнами и «флюоритовыми узлами» (зоны глубинных разломов и др.). Флюоритовое оруденение Чаткальской зоны проявилось комплексно (редкометалльно-флюоритовый состав) и пространственно приурочено к зонам контактового метаморфизма раннепермских гранит-лейкогранитовых интрузий – скарны Баркрака, Ойгаинга, Шабреза,

альбитит-грейзеновые месторождения – Саргардон, Ойгаинг, Суппаташ.

В пределах Кураминской сводовой постройки [1] выделяется ряд рудных полей флюорита (гипо- и эпитептермальные, ксено- и телетермальные типы оруденения) флюорит-полиметаллической группы формаций (кварц-флюорит-полиметаллические и др.). С Чаткальским сводом, в отличие от Кураминского, связано флюоритовое оруденение с высокой редкоземельностью, с содержанием иттрия и урана [10] (табл. 1).

Для Чаткало-Кураминской активной континентальной окраины (в контурах Западно-Тяньшаньского мега-свода) характерны флюоритовые месторождения, внутренние части которых слагают вулканоплутонические ассоциации (от C_1 до C_{2-3} и P_1), а периферийные – магматические образования (C_{2-3} – P_1). Эпитептермальные внутриплитные месторождения флюорита (см. рисунки 1 и 2) тяготеют к трахириолит-лейкогранитным ассоциациям (P_1). Месторождения флюорита в системах узких (субширотных) грабен (Ангренский, Тереклинский и др.) сложены кислыми вулканитами риолит-трахириолитового состава (P_1 ks).

Фациальные условия формирования флюоритового оруденения представлены гипабиссально метаматогенными (акцессорно-минеральные составы гранит-лейкогранитовых интрузий, апограниты, редкометалльные гранитные пегматиты), гидротермально-пневматолитовыми (кварцево-слюдисто-флюоритовые грейзены, флюоритовые скарны) и субвулканическо-гидротермальными фациями (эпитептермальные, кварцево-флюорит-полиметаллические, кварцево-флюорит-редкометалльные и др. формации).

Для Чаткало-Кураминской зоны условия формирования рудных месторождений [3] охватывают преимущественно диапазоны глубин от 0,5 до 5,0 км. Редкометалльные (редкоземельные) пегматиты тяготеют к глубинам от 4 до 6 км от поверхности рудообразования, ниже (от 6 до 8 км) доминируют слюдяные пегматиты. Собственно, для флюоритовых месторождений характерны глубины от 0,5 до 4,5 км и редко до 5,0 км, переходящие на верхних уровнях в сурьмяно-ртутные. Глубины ниже 5 км – область выноса рудного вещества, выше – сфера осаждения и формирования оруденения. Максимум распространения флюоритового и связанного оруденения (флюорит-уранинитового, флюорит-сульфидно-уранинитового, висмут-никель-кобальтового с флюоритом, серебром и ураном, кварц-баритовых жил с гематитом и др.) приходится на глубины 1,8–2,25 км.

Основные признаки, определяющие минеральный состав эпитептермальных генетических типов флюорита, – фациальные условия и формационная принадлежность магматических пород, структурная позиция формирования оруденения.

Систематизация и генетическая типизация флюоритового оруденения (табл. 2) позволяет различать

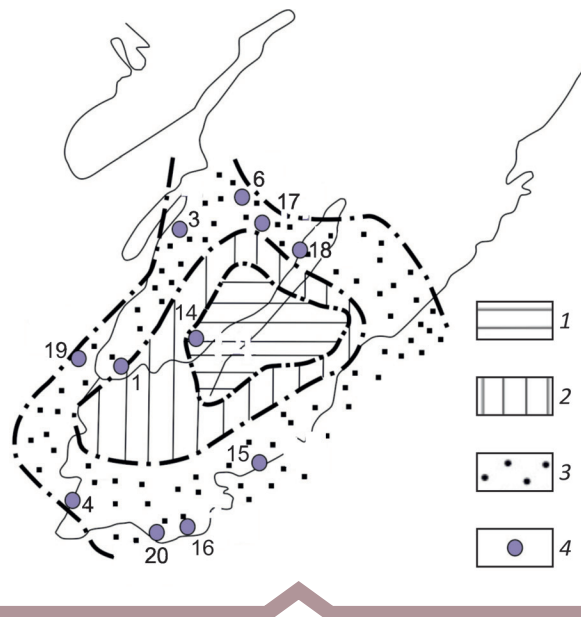


Рис. 1. Рудно-магматические концентры Чаткало-Кураминской активной континентальной окраины. По И.Х.Хамрабаеву и материалам Т.Н.Далимова, В.А.Черновского, Р.Г.Юсупова:

1 – рудные объекты – производные интрузий глубинных фаций; 2 – меднорудные, связанные с интрузиями монцодиорит-гранодиоритового комплекса, C_2 ; 3 – флюорит-полиметаллические рудные и флюорит-редкометалльные производные трахириолит-гранитной, P_1 вулканоплутонической ассоциации (коровые, малоглубинные); 4 – месторождения флюорита (см. рис. 2)

следующие группы формаций, в которых на флюорит приходится значимость ведущего жильного минерала: флюоритовые, флюорит-сульфидные, редкометалльно- и редкоземельно-флюоритовые. Эти различия (редкометалльность, редкоземельность, вариации содержания сульфидов и их отсутствие в рудных телах) прежде всего зависят от фации глубинности и состава магматических производных, а также от пород, вмещающих оруденение (вулканиты, карбонаты, породы фундамента и др.). Редкометалльно-, редкоземельно-флюоритовые типы оруденения (месторождения Баркрак, Шабрез, Саргардон и др.) располагаются на контактах карбонатных пород с материнскими лейкогранитными интрузиями.

На рассматриваемой территории гранит-лейкогранитный плутонический комплекс P_1 входит в Арашанский (1200 км²), Чаркасарский (55 км²), Беданалисайский (50 км²), Саргардонский (2,5 км²), Ойгаинг-Баркракский (7,5 км²) и другие интрузивы. Фации формирования – мезо- и гипабиссальные, производные коровых палингенных расплавов [11]. В акцессорно-минеральных составах пород преобладают флюорит (до 2000 г/т), циркон (200–500 г/т), редкометалльные (фергусонит, гадолинит, колумбит, берилл и др.)

1. Факторы продуктивности (рудоносности) трахириолит-лейкогранитовой вулканоплутонической ассоциации на флюорит

Факторы (I–III)	Фторофильно-литофильный минералого-геохимический тип эндогенного оруденения
I. Структурно-геологические, магматические (индикаторы геодинамических обстановок)	
Типоморфные структуры	Сводово-глыбовое поднятие (региональный верхнепалеозойский Ферганский мегасвод; Чаткальское и Кураминское дочерние сводовые поднятия), очаговые структуры, зоны мантийных (сквозных) дислокаций (Таласо-Ферганский, Северо-Чаткальский, Северо-Ферганский, Угам (Кумбель)-Кенкол-Арашанский и др.), разломно-трещинные структуры, линейные депрессии (Чаткальский, Угамский, Пскемский грабены и др.)
Геологическая позиция, пространственная группировка с верхнепалеозойскими вулканоплутоническими ассоциациями	Континентальный режим, преобладание восходящих движений, формирование позднепалеозойской вулканогенно-осадочной толщи Поздняя (C_3-P_1) стадия развития Чаткало-Кураминского плюма; редкометалльные гранит-лейкограниты (арашанский, кызылтурский, чаркасарский комплексы и др., P_1), риолит-трахириолитовые (кызылнууринский комплекс и др., P_1) вулканогенные комагматы; пространственные связи преимущественно с породами карамазарского (чаткальский, кураминский и др.), алмалыкского (аурахматский и др.), шавазского и ирисуйского комплексов, C_1-C_2 ; даудаба-мингбулак-акча-надакские вулканогенные комплексы ($C_1-C_{2-3}-C_3-P_1$); их эпимагматогенные на Fe, Cu, Au (Ag), Bi, Pt, Pd и др. производные
II. Металлогенические	
Металлогеническое положение	Чаткальская структурно-металлогеническая зона (смешанный хлорофильно-халькофильный и фторофильно-литофильный минералого-геохимические типы оруденения) отделяется от Кураминской (преобладает хлорофильно-халькофильный тип) по Кассанской зоне со значимостями Au-Sb связей, распространением полиметаллов, Cu-Mo, W, Be, F и других типов оруденения; Кураминская зона – флюоритоносна (Суппаташ, Наугарзан, Агата-Чибагата, Наугискен и др.); Чаткальская зона – редкометалльно-флюоритоносна (Баркрак, Шабрез, Ойгаинг и др.)
III. Минералого-геохимические	
Аксессуарный минеральный состав	Циркон (циртолит) – флюоритовый, редкометалльно-редкоземельный (касситерит, фергусонит, монацит, торит-оранжит), флюоритовый
Самородные металлы	Золото (кюстелит, электрум), серебро, олово, висмут, свинец, ртуть, индий, феррит (α -Fe)
Аксессуары флюориты	Неправильные формы зёрен (0,25–0,50 мм, редко, 0,5–1,0 мм), присутствуют единичные октаэдрические кристаллы; сростание флюорита с фергусонитом, ортитом, сфеном, содержит включения ксенотима; цвета: фиолетовый, зеленоватый, белый и бесцветный, характерна цветная зональность строения отдельных зёрен; примеси: Fe, Mn, Sn, W, Sr, P, REE+Y, U, Th, Cl
Минеральные разновидности флюорита	Иттрофлюориты (YF_3 15–20%), радиофлюориты, хлорофаны и др.
Геохимическая специализация:	
1) первичная	Be, Sn, W, Bi, F
2) вторичная	Cu, Mo, Pb, Zn, Ag
3) продуктивность магматизма	Эпимагматогенные (метамагматогенные) производные (флюорит, редкие металлы, редкоземельные элементы, уран и торий)

и редкоземельные минералы (монацит – 100 г/т, ксенотим, ортит, итробетафит, иттрофлюорит и др., которые ассоциируют с торит-оранжиритом – 50 г/т). В породах содержание составляет (в %): кремнезёма от 73 до 78, калия от 4 до 7, окисного железа от 0,3 до 1,0 [8, 11] в сочетании с редкими (рассеянными) элементами.

Эпимагматогенными производными гранит-лейкогранитовой формации являются альбититовые апограниты (титано-танталониобатовые, монацитовые, иттрофлюоритовые, уранинитовые и др.), пегматиты, собственно альбититы, гидротермально-пневматолиты (скарны, грейзены) и гидротермалиты (см. табл. 1)

(арашанский, чаркасарский, баркракский, саргардонский и другие комплексы, P_1).

Вулканогенные породы локализованы в системах кольцевых вулканотектонических структур (Оясайская, Карабашская, Чилтенская, Тавакская, Майгашканская, Акшуранская) и вулканотектонических депрессий (Ташкескенская, Камчикская, Кугалинская, Ангренская, Териклинская).

Гранит-лейкогранитовая формация региона продуктивна на флюорит, редкоземельное (фторофильно-литофильное) эпимагматогенное оруденение [5]. В аксессуарно-минеральных составах (АМС) пород

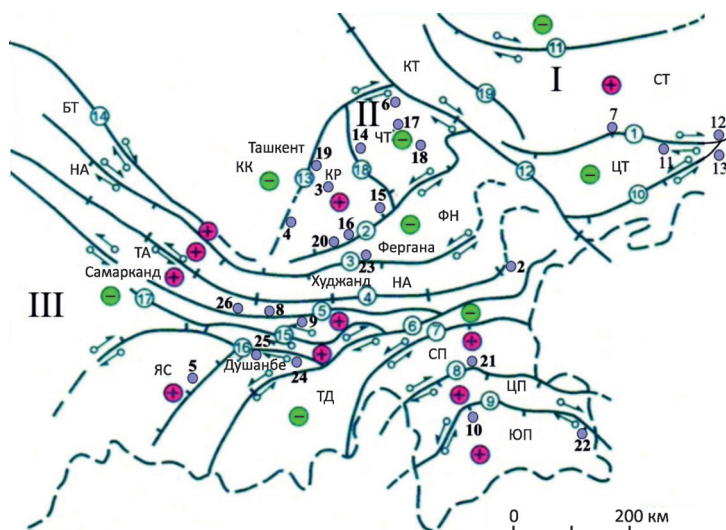


Рис. 2. Схема геолого-тектонического районирования Тянь-Шаня и Памира, план расположения структурных швов и разломов глубокого заложения. По Р.Г.Юсупову:

разломы (цифры в кружках): 1 – Главный Тянь-Шаньский, 2 – Талово-Ферганский, 3 – Южно-Ферганский, 4 – Туркестанский, 5 – Вахшский, 6 – Кызылсуьский (Сурхантауский), 7 – Каракульский, 8 – Акбайтальский, 9 – Южно-Памирский, 10 – Атабашский, 11 – Северо-Тянь-Шаньский, 12 – Северо-Ферганский, 13 – Северо-Чаткальский, 14 – Кызылкумский, 15 – Южно-Гиссарский, 16 – Южно-Зарафшанский, 17 – Кенкольский, 18 – Кенколо-Арашанский, 19 – Ичкельтауский; обособленные тектонические зоны, блоки: поднятий (+), опусканий (–): СТ – Северо-Тянь-Шаньская, ЦТ – Центрально-Тянь-Шаньская, ЮТ – Южно-Тянь-Шаньская, КТ – Каратау-Таласская, ЧТ – Чаткальская, КР – Кураминская, КК – Кызылкумская, ФН – Ферганская, БТ – Букантауская, НА – Нурата-Алайская, ТА – Туркестанская, Г – Гиссарская, ЯС – Яккабаг-Сурхандарьинская, ТД – Таджикская депрессия, СП – Северо-Памирская, ЦП – Центрально-Памирская, ЮП – Южно-Памирская; металлогенические провинции: I – Северо-Тянь-Шаньская, II – Срединно-Тянь-Шаньская, III – Южно-Тянь-Шаньская; металлогенические зоны: ЧТ – Чаткальская, КР – Кураминская, КК – Кызылкумская, БТ – Букантауская, НА – Нурата-Алайская и др.; позиция флюоритовых месторождений: 1 – Могов, 2 – Абшир, 3 – Наугарзан, 4 – Агата-Чибарагата, 5 – Кугитанг, 6 – Баркраг, 7 – Ажалсу, 8 – Куликолон, 9 – Красные холмы, 10 – Элису, 11 – Теплоключенка, 12 – Тюп, 13 – Сулукурта, 14 – Шабрез, 15 – Караулташ, 16 – Суппаташ, 17 – Беданали, 18 – Кызылбаур, 19 – Аурахмат, 20 – Канимансур, 21 – Танымас, 22 – Дун-Кельдык, 23 – Хайдаркан, 24 – Такоб, 25 – Кандара, 26 – Казнюк

(см. табл. 2) присутствуют флюорит, церит, ортит, монацит, ксенотим, иттриевые гранаты, иттрий-танталиты, фергусониты и др. (силикаты, фосфаты, карбонаты, титано- и цирконосиликаты, ниобий-танталиты, фториды, оксиды редких металлов и редких земель, иттрия, урана и тория). Акцессорно-минеральный тип (АМТ) пород – монацит-флюоритовый (редкоземельно-флюоритовый), циркон-флюоритовый, преобладает редкоземельность (REE+Y, U, Th).

На заключительных этапах формирования кислых типов пород фтор как летучий компонент расплава, в отличие от хлора, бора, углерода и др., образует собственные акцессорные минералы [7]. В рудно-магматических системах фтор сравнительно малоподвижен, пребывает в концентрированных фазах, присутствует в составах биотита, амфибола, флюорита, апатита и др. При низких термо-барофильных показателях (гипабиссальных) гранит-лейкограниты значительно обогащаются фтором (флюоритом). Для пород трахириолит-гранитовых вулcano-плутонических ассоциаций

характерны магматогенные производные (альбититы, апограниты нормального ряда).

Проблема источников фтора дискуссионная [1–7, 9–10, 12]. В условиях геодинамических активностей оруденения флюорита формируются за счёт привноса из подкоровых частей тектоносферы фтора и заимствования главным образом петрогенных элементов (SiO_2 , CaO и др.) из вмещающих пород. По представлениям [14], источник фтора – корово-мантийный. Фтор проявляет геохимическую близость к водороду, не имеет сродства с кислородом, накапливается в глубинных геосферах и, благодаря своей оксифобности, компенсирует отсутствие кислорода. Следовательно, для флюидных систем больших глубин характерна высокая насыщенность фтором. В мантийной обстановке наблюдаются максимальные термо-, барофильные показатели и ранняя стадия формирования флюидного режима (величина удельной теплоёмкости от 3,5 до 3,3 кал/г-град), накапливаются He , H_2 , H^+ , F^+ , CO , CH_4 , N_2 [11] и отмечается относительно малая активность кислорода.

2. Систематизация и генетическая типизация проявлений и месторождений флюорита

Генетический тип (I–III)	Фациально-формационная принадлежность		Практическая значимость (промышленные минералы)	Месторождение
	Семейство рудных формаций	Фациальность, формации		
I. Метамагматогенный				
Акцессорно-минеральный (вкрапленность, шпиль и др.)	Редкометалльно- флюоритовые, редкоземельно- флюоритовые	Мезо- и гипабиссальная (малоглубинная [МГ]): монацит (ксенотим) – флюоритовые, ортит-фергусонит-флюоритовые	Флюориты с REE _{Ce+Y} +Y нагрузкой	Арашан-Кызылтогорский плутон, Чаркасар, Баркрак, Саргардон, Беданалисай
II. Эпимагматогенный				
Апограниты (альбитизация, грей- зенизация)	Мусковит-кварц альбитовые	Гипабиссальная [МГ]: рутил-альбит- флюоритовые, литионит-кварц-альбитовые с флюоритом	Флюориты, редкие земли; перспек- тивы неясны	Арашан, Беданалисай
Петматито-пневматолитовый	Редкометалльные и ред- коземельные	Мезо- и гипабиссальная [МГ]: титано-, тан- талониобат-уранинитовые, монацит- уранинит-флюоритовые, альбит-рутил- флюоритовые	Флюориты, рутилы, альбиты; незначительные (мелкие, средние) проявления с неясными перспективами	Арашан, Баркрак, Анаулыген, Шабрез
Альбититы по гранит- лейкогранитам, P ₁	Альбитовые, кварцево-альбитовые	Гипабиссальная [МГ]: рутил-альбититовые, альбитит-флюоритовые	Перспективы отработки на рутил, сопутствующие (добавочные) циркон, флюорит, минералы Nb, Sn, REE _{Ce+Y} , U.	Арашан, Беданалисай
Гидротермально-пневматолитовый (метасоматические вкрапленности, жильные тела)	Скарново (известковисто)- флюоритовые	Гипабиссальная [МГ]: редкометалльно- (редкоземельно)-флюоритовые; слюдисто-флюоритовые, флюоритовые	Флюориты, перспективны не одно- значны, за исключением на оптические кристаллы флюо- рита	Кошмансай, Шабрез, Баркрак, Ойгаинг
Гидротермально- пневматолитовый (штокверки, жильные зоны и линзы)	Грейзеново-редкометал- льно (редкоземельно)- флюоритовые	Гипо-, мезотермальная [МГ] (полифациаль- ная): кварц-мусковит-флюоритовые с само- родным Bi, вольфрамитом, молибденитом	Флюориты, самородный висмут, вольфрамит. Перспективны на Bi, W, и REE _{Ce+Y} +Y	Ташсай, Саргардон, Ойгаинг
III. Гидротермальный				
Гипотермальный (жильные зоны)	Полиметаллическо- флюоритовые	Гипабиссальная [МГ]: кварц-полевошпат-флюоритовые	Флюориты, свинец, цинк; перспективны на флюорит, медно-колчеданное оруденение	Ангренское плато, Кенкол, Ямайол
Эпитермальный (прожилково- вкрапленные, жильные тела, лин- зовидные образования)	Кварц-флюоритовые, серицит-флюоритовые	Экструзивно-субвулканическая: кварц-барит-флюорит-сульфидные	Флюориты, галениты, сфалериты, бариты; богатые типы месторождений на флюорит	Агата-Чибагата, Наугискен
Ксенотелетермальный (жильные тела на контактах известняков и кремнистых сланцев)	Роговиково-кварц-флюо- ритовые	Приповерхностная: карбонат-флюорит-халцедоновые	Флюориты	Аурахмат (отрабатано)

В магматических системах при значении коэффициента агаитности (K_K , $Na+K/Al$), близком к единице, фтор накапливается в структурах ОН-содержащих минералов (биотиты, амфиболы, ортиты и др.). Значимость накопления этого галогена в продуктах эпимагматогенных производных кислых расплавов связана с крайне низким сродством фтора с кислородом и продуктами дифференциации расплава, вхождением в структуры ОН-содержащих силикатных минералов, высоким сродством с водородом. В гранитоидах, обогащённых фтором, отсутствует связь с кремнекислородным расплавом. Л.Н.Когарко и Л.Д.Кригман [3] связывают это с образованием фракционирования и кристаллизационной дифференциацией несмешивающихся фторидно-солевых фракций.

Газовый состав флюидных включений во флюоритах определён вакуумной декрепитографией и газовой хроматографией (табл. 3). В изученных флюоритах флюидные включения находятся в жидком (водные, одно- и двухфазовые), газовой-жидком (углекислотно-водные) и твёрдом (минеральные) состояниях. Твёрдые минеральные включения практически отсутствуют (кроме редких минеральных полос, обрамляющих края газовых пузырьков). Газовые компоненты (CH_4 , C_2H_4 , CO и др.) включений восстановительного типа присутствуют в малых количествах. Для флюорита характерны преимущественно низко- и среднетемпературные показатели (60° – 150° , 150° – $180^\circ C$ и др.) условий формирования. Повышенные концентрации фтора характерны для коровых расплавов – их остаточных дифференциантов. Во флюоритах коэффициенты восстановленности флюидных включений K_v [14] невысокие (0,01), формирование минерала происходит в обстановке окислительного режима (редкометалльность и редкоземельность оруденения флюорита).

Элементы примеси во флюоритах определены ICR-MS анализом. Для магматитов Чаткало-Кураминской активной окраины флюорит – распространённый («сквозной») аксессуарный минерал верхнепалеозойских кислых вулканоплутонических ассоциаций. В составе флюорита, кроме примесных Fe, Mn, присутствуют более 50 химических элементов ($REE_{Ce+Y}+Y$, U, Th, Sc и др.; Sn, Bi, Mo, W, Se, Ba, Sr, Rb, Cs и др.). Элементы минерала относительно кларков земной коры образуют единый интегрально-последовательный (типоморфный) ряд накопления (формулы):

Редкометалльные гранит-лейкограниты: **[Au (Ag)–W]–Se, Te–Sn, Bi, Mo (Re)–(B, Cl, ...P)–Li–Cu, Ni, Pt–Cu, Pb, Zn–Fe(Mn), Co, V–Be–Rb, Cs.**

Агата-Чибаргата: **Au–Se–Pt (W, Ag), Sn, W–Mo (Re)–(B, Cl, ...P)–Li–Bi, Te–Fe (Mn), Cr, Co, V–Pb (Zn), Cu–Be–Ba (Sr)–Cs, Rb.**

Суппаташ: **[Au–(W, Se, Te)]–Pt (Ni, Ag), Sn–Mo (Re)–(B, Cl, ...P)–Be, Li, Cl, Rb–Pb (Zn), Bi, Cu–Fe (Mn), Cr, V, Co–Ba (Sr).**

В флюоритах накапливаются $REE+Y$, в зависимости

от химического состава и кристаллической структуры исходного минерала ряд их накопления относительно кларков земной коры представляется в следующей последовательности:

$\bar{x}$ (среднее значение): **[(Y–Yb), U]–(Dy, Tm, Er, Nd, Ho, Sm, Lu, Tb), Th–(La, Ce, Pr, Eu), Sc.**

Во флюоритах концентрация $REE_{Ce+Y}+Y$ происходит в соответствии с минералогическими особенностями показателей минерала (эффективные размеры ионного радиуса замещаемого катиона, сродство REE к F и др.). Для флюоритов Чаткало-Кураминской зоны избирательность накопления элементов определяется по значениям K_K (коэффициент концентрации) редкоземельных металлов и иттрия. Во флюоритах (иттрофлюориты) с ростом содержания иттрия и иттриевых земель возрастают значимости сопутствующих урана, цериевых земель (флюоцериты), тория и скандия. В рудных флюоритах в примесной форме находится Mn^{2+} от 2 до 56 г/т (в среднем 37,1 г/т).

В эпимагматогенных рудообразующих системах отмечается восстановленность марганца, что также служит индикатором активности ионов фтора в формировании оруденения. Во флюоритах также присутствует Au (примесь) совместно с Se, Te и W. Для золота K_K достаточно высок (100). Примеси золота находятся во флюоритах в кластерно-комплексных минеральных формах – **[Au (Ag)–W], [Au–(W, Se, Te)]** и др.

Содержания хлора ($K_K=1,1$) и бора ($K_K=12$) в изученных флюоритах достаточно невысокие, рудные флюиды характеризуются наличием REE , U и др. Эпимагматогенные производные проявляют фторофильно-литофильную (Sn, Bi, Be, Nb, Ta, $REE+Y$, U, Th и др.) специализацию. Магматогенные флюиды (F, B, Cl) совместно с потенциально продуктивными кислыми трахириолит-гранитными вулканоплутоническими ассоциациями (P_1) формируют эпимагматогенные флюоритовые рудные тела.

Трахириолит-гранитная вулканоплутоническая ассоциация является носителем повышенной аксессуарно-минеральной флюоритонности [2, 4–5, 11] (содержание флюорита от 2000 г/т и более: Арашан-Кызылторский, Беданалисайский интрузивы и др.). Породы трахириолит-гранитных ассоциаций по аксессуарно-минеральным составам (АМС) – цирконово-флюоритовые образования, в которых содержание аксессуарного циркона от 248 г/т [6], монацитово-флюоритовые (монацита 100 и флюорита 2000 г/т), ураноториево-флюоритовые (уранинита 3 или торита 7 г/т, флюорита от 1000 до 2000 г/т), собственно флюоритовые (флюорита 2000 г/т), редкоземельные (гадолинит-фергусонит-монацитовые и др., суммарно 200 г/т) минералогические составы.

Флюоритовые типы гранитов (лейкограниты; Арашанский, Чаркасарский, Беданалисайский и другие интрузивы). Аксессуарный флюорит – основной минерал фтора (47,81–48,80 вес.%).

3. Флюориты эпипермальных месторождений, газовые составы флюидных включений

Номер пробы	Газовый состав включений (суммарно, пересчёт на 100%)										Типы и фазовые составы флюидальных включений, температура гомогенизации			
	N ₂	O ₂	CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₄	H ₂ O	H ₂ S	SO ₂	Сумма, мл/г	К _в	Флюидные включения (фазовый состав)	%, газовой фазы	Температура гомогенизации, T, °C
Суппаташ														
51*	–	12,80	0,24	36,00	1,25	0,01	–	45,00	4,70	–	1,79219	0,02	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	5–7 (5) 60–120 (115)
52**	–	23,29	0,20	52,19	–	0,11	–	14,86	9,35	–	2,95496	<0,01	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	7–10 (5) 60–150 (110)
53**	–	34,42	0,01	37,78	–	1,18	–	17,58	9,04	–	1,78372	<0,01	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	7–10 (5) 60–220 (115)
54,1*	–	40,39	0,60	1,00	–	–	–	47,10	10,9	–	0,57550	–	ПВ, В (Г+Ж _в)	5–7 60–180 (100)
54,2**	–	13,09	72,8	2,98	–	–	–	10,75	0,68	–	2,60410	–	В (Ж _в)	5–7 (5) 60–190 (115)
55,1*	–	36,70	0,70	3,75	–	1,19	–	57,66	–	–	0,76876	<0,01	ПВ, В (Ж _в)	5 120–150 (100)
55,2*	–	34,86	0,01	35,97	–	–	–	29,17	0,01	–	0,50682	–	ПВ, П (Ж _{в+у})	5 120–180 (115)
56,1**	–	28,63	0,01	4,52	–	–	–	61,96	4,84	–	1,11338	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	7–10 60–200 (115)
56,2**	–	9,80	9,11	41,78	–	–	–	42,60	6,34	–	2,46489	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	7–10 100–240 (115)
Агата-Чибаргата														
05****	–	12,90	0,21	67,18	–	0,04	–	19,71	–	–	3,73809	<0,01	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	5 100–160 (115)
06***	–	16,18	0,22	54,87	–	–	–	27,18	1,55	–	1,64800	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	7–10 150–200
87**	–	14,80	0,12	53,92	–	0,09	–	29,61	1,47	–	2,17909	<0,01	ПВ (Ж _{в+у})	10 150–200 (110)
91***	–	30,41	0,98	31,03	–	–	–	39,57	–	–	1,33562	–	ПВ (Ж _{в+у})	5–7 150–180 (115)
92****	–	33,83	0,64	7,75	–	–	–	56,65	1,13	–	1,35630	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	5–10 120–150 (110)
94****	–	25,03	2,28	39,46	–	–	–	31,80	1,43	–	2,86071	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	10 120–180 (115)
98***	–	7,80	0,09	24,72	0,07	0,53	–	60,00	6,80	–	2,91249	0,01	ПВ (Г+Ж _{в+у})	7–10 150–200 (110)
Наугискен														
82**	–	12,30	0,02	35,65	–	–	–	47,65	4,38	–	1,66380	–	ПВ, В (Ж _{в+у})	5–7 180–200 (120)
85***	–	13,67	0,01	12,28	–	–	–	67,44	6,60	–	1,27868	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	10 150–180
86**	–	25,29	0,66	34,06	–	–	–	74,53	5,46	–	3,16267	–	ПВ, В (Г+Ж _{в+у})	5–7 160–200 (120)
87**	–	24,78	0,93	32,28	–	–	–	42,01	–	–	2,49658	–	ПВ, В (Ж _{в+у})	7–10 160–200 (115)
Усугли														
1****	–	97,26	2,45	0,01	–	0,28	–	–	–	–	1,5254	28,01	ПВ, П (Г)	3–5 180–260 (150)
2****	–	12,40	84,40	1,82	–	1,37	0,01	–	–	–	12,431	0,80	ПВ, В (Г)	5–10 200

Примечание. К_в=CO+H₂+CH₄(CO₂+H₂) [11]; цвет флюорита: * – белый, бесцветный, ** – зелёный, темно-зелёный, *** – голубовато-зелёный, **** – фиолетовый, тёмно-фиолетовый; пробы: 1 и 2 (месторождение Усугли, Забайкалье) – флюорит-баритовый тип; флюидные включения: Г – газовое, Ж_в – водное, Ж_{в+у} – жидко-углекислотное, П – первичное, ПВ – первично-водное, В – водное; в скобках – усреднённое оптимальное значение; вакуумная декрепитография, газовая хроматография, анализ Г.А.Стимбан.

В породах флюорит находится в форме отдельных неправильных зёрен, расположенных в межзерновых швах полевых шпатов, развивающихся между плоскостями спайности биотита; иногда встречаются редкие кристаллы флюорита с включениями чёрного рутила, циркона, циртолита, торита, оранжита, апатита и др.

Обогащённым лантаноидами акцессорным флюоритам свойственны преимущественно зеленоватые цвета окраски [14]. В большинстве случаев для флюорита характерен фиолетовый цвет минерала, вызванный присутствием в его составе урана. В лейкократовых и порфириовидных гранитах, аляскитах в акцессорном флюорите содержится от менее 25 до 1000 г/т и более урана (Беданалисай, Чаркасар). Повышенная радиоактивность акцессорных флюоритов – показатель продуктивности трахириолит-гранитных ассоциаций на связанное эпitherмальное флюорит-редкометалльно-редкоземельное (Sn, Bi, Be, Nb, Ta, Вe и др.) оруденение.

Флюорит-ураноториевые граниты (Беданалисайский, Чаркасарский, Кызылторский массивы). В акцессорно-минеральных составах пород собственные минералы урана практически отсутствуют, присутствует поздний наложенный окристаллизованный уранинит (настуран) – продукт метасоматических преобразований первичных акцессорных (монацит, ксенотим, ураноторит) и урансодержащих (ортит, чевкениит, флоренит, рентгенит и др.) минералов. Геохимическая специализация пород на уран устанавливается при содержаниях уранинита более 3,0 г/т [14]. В акцессорных флюоритах уран находится совместно с редкими металлами, редкоземельными элементами (Чаркасарский интрузив). Во флюорито-редкометалльных (редкоземельных) проявлениях эпимагматогенный уран накапливается в зонах альбитизации, грейзенизации, гидротермально-метасоматических преобразований кислых магматических пород. Флюорит-урановые типы оруденения (флюорит-уранинитовые, сульфидно-уранинитовые) пространственно приурочены к зонам гидротермально-пневматолитовых проработок материнских горных пород. Грейзенизация (кварц-мусковит-флюоритовые, кварц-флюорит-карбонатные и др.) представлена разноориентированной густой сетью прожилков – флюорит-уранинитовые, флюорит-сульфидно-уранинитовые (U- Nb-Ta-W-Mo составов).

Цирконово-флюоритовый тип (Арашанский, Кызылторский, Беданалисайский интрузивы). Акцессорный флюорит присутствует в форме зернистых включений (от 0,05 до 0,5 мм). Между кубическими и нормально-октаэдрическими габитусами характерно распространение переходных разновидностей из комбинаций простых морфологических типов флюорита. На фоне бледно-лиловых и бледно-зелёных зёрен флюорита присутствуют аномальные окраски – от разномышенной фиолетовой до чёрной. Густо-фиолетовые флюориты содержат уран от 500 до 1000 г/т. Акцессорные флюориты образуют сростания с торитом,

оранжитом, настураном, фергусинитом и относятся к наиболее поздним (мета- и эпимагматогенным производным) трахириолит-лейкогранитовым раннепермским ассоциациям магматизма. Метамагматогенный фтор накапливается преимущественно в ОН-содержащих минералах (биотит, мусковит, апатит и др.), дефициту которых сопутствует обогащение расплава F с реализацией в форме флюорита (ранняя генерация). Эпимагматогенные производные магматизма (альбитовые, скарново-флюоритовые, грейзено-редкометалльные-редкоземельные и др.) – ведущие накопители флюорита (поздняя генерация).

Гранит-лейкограниты Чаткало-Кураминских гор в среднем содержат акцессорного циркона (в г/т): 250 (порфириовидные граниты) и 100 (лейкократовые граниты) – *Арашанский*; 200 (аляскиты, биотитовые граниты), 100 (лейкограниты, онгониты) – *Чаркасарский*; 500 (граниты, граниты биотит-роговообманковые) и 100 (аплитовидные граниты) – *Майдантальский*; 270 (аляскиты, порфириовидные граниты) и 310 (лейкограниты) – *Беданалисайский* (Ангренское плато) интрузивы [6].

Кристаллы акцессорного циркона (размеры от 0,1 до 0,7 мм в поперечнике) образуют дипирамидально-призматические формы. Ранние генерации минерала накапливаются в форме включений в биотитах, мусковитах, полевых шпатах. Поздние представлены призматически-ромбоэдрическими типами простых форм ($\{100\}$, $\{101\}$, $\{110\}$, $\{111\}$). Окраска минерала от зеленоватой до чёрной. Для поздних цирконов характерна малаконизация (циртолитизация), отмечается сростание с уран-ториевыми минералами, самородным индием. Химическими и спектральными анализами циркона, отобранного из концентрата тяжёлой фракции пород, отмечается (в вес.%): SiO_2 – 32,48; ZrO_2 – 63,0; HfO_2 – 1,70; TiO_2 – 0,19; Y_2O_3 – 0,5; Nb_2O_5 – 0,035; Fe_2O_3 – 0,40; Al_2O_3 – 1,10; MgO – 0,10; ThO_2 – 0,18; P_2O_5 – <0,01; UO_2 – 0,30; Σ 100,00.

В альбитах (Арашанский интрузив) [5] цирконы по химическому составу практически мало отличаются от минерала из порфириовидных гранитов (в вес.%): SiO_2 – 31,38; Al_2O_3 – 0,52; ZrO_2 – 62,34; HfO_2 – 1,71; Nb_2O_5 – 0,02; Y_2O_3 – 2,40; ThO_2 – 0,18; UO_2 – 0,07; PbO – 0,38; Σ 99,00. Примеси: Hf, U, Y, Th, Sn, Bi, Nb, Sc, Pb и др.

Основные (интегральные) рудные формации флюорита. В Чаткало-Кураминской активной континентальной окраине флюоритовое оруденение связано с кислыми вулканами риолит-трахириолитовых комплексов (кызылнуринский комплекс, P_1) и имеет *рудолокализирующее* значение, а в связях с их плутоногенными гранит-лейкогранитами (арашанский и другие комплексы, P_1) играют *рудогенерирующую* роль. Флюоритовое оруденение объединяет флюоритовые (кварцево-флюоритовая, кварцево-карбонат-флюоритовая, барито-флюоритовая), редкометалльно-флюоритовые (слюдисто-флюоритовая) группы формаций.

Геолого-генетические типы месторождений флюорита – эпитеpmальные, ксено- и телетермальные жильные; они сочетаются с метамагматогенными (акцессорно-минеральными) типами флюорита (Арашан, Кызылтор, Беданалисай), проявлениями флюорита в альбититах – в ассоциации рутила, минералов редких земель, иттрия, урана (*апикарбонатно-грейзеновая редкометалльно-флюоритовая формация*).

По представленным материалам можно сделать следующие выводы:

1. Внутриплитная раннепермская трахириолит-лейкогранитная вулканоплутоническая ассоциация – носитель фторофильно-литофильной (Sn, W, Bi, Nb, Ta, Be, REE+Y, U и др.) продуктивности. Акцессорные минералы пород (флюориты, цирконы, циртоллиты, монациты, торит-оранжиды, фергусониты, гадолиниты, касситериты, самородные Sn, Pb, Bi, Ag, Zn и др.) формируют монацит-флюоритовый (редкоземельно-флюоритовый), а циркон (циртолит) – флюоритовый типы.

2. Трахириолит-лейкогранитовой вулканоплутонической ассоциации с потенциальной редкометаллностью (редкоземельностью) сопутствуют эпимагматогенные производные, на основе которых формируются акцессорно-минеральные (метамагматогенные) продукты (гипабиссальная фация), а также пневматолито-гидротермальные, гидротермальные (жильные, эпитеpmальные) типы оруденения (флюориты, редкие металлы, REE+Y, U, Th).

3. В мета- и эпимагматогенных рудно-магматогенных производных трахириолит-лейкогранитов для фтора проявилась дифференцированность – насыщение фтором минералов-концентраторов биотита, мусковита, апатита и др., избыток F и сопутствующих (Be, Si, Sn, W, Bi и др.) фторофильных редких элементов, REE, U, Th и др., которые сбрасываются в рудно-продуктивный флюид. Фтор образует собственные рудные минералы (акцессории) из эпимагматогенных производных, реализуясь главным образом в форме рудных флюоритов с формированием эпитеpmальных типов кварц-флюоритовых групп формаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов С.О. Глубинные термодинамические условия и динамика земной коры Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1998.
2. Далимов Т.Н., Ганиев И.Н. Эволюция и типы магматизма Западного Тянь-Шаня. – Ташкент, 2010.
3. Козарко Л.Н., Кригман Л.Д. Фтор в силикатных расплавах и магмах. – М.: Наука, 1981.
4. Кушнарев И.П. Глубины образования эндогенных рудных месторождений. – М.: Недра, 1982.
5. Ляхович В.В. Редкие элементы в акцессорных минералах гранитоидов. – М.: Недра, 1973.
6. Маракушев А.А. Петрогенезис и рудообразование. – М.: Наука, 1979.
7. Мацоккина-Воронич Т.М. О генетических рядах рудных образований // Итоги петрометаллогенетических исследований. – Ташкент: Фан, 1972. С. 177–182.
8. Петрогенезис потенциально рудоносных интрузивов Узбекистана / Р.Ахунджанов, У.Ф.Мамарозиков, А.Н.Усманов и др. – Ташкент: Фан, 2014.
9. Рафиков Я.М. Схемы магматизма Чаткало-Кураминской активной окраины / Российская конференция по изотопной геохронологии, геохронологические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов. – М., 2012. С. 302–304.
10. Рафиков Я.М., Юсупов Р.Г. Продуктивность и рудоносность пород гранит-лейкогранитного комплекса на редкие земли, иттрий (Чаткало-Кураминская континентальная окраина) // Отечественная геология. 2013. № 1. С. 59–69.
11. Редкие элементы и акцессорные минералы в интрузивных комплексах Среднего Тянь-Шаня / В.В.Козырев, Ю.Б.Ежков, И.В.Левченко и др. – Ташкент: Фан., 1972.
12. Рябчиков И.Д. Термодинамика флюидной фазы гранитоидных магм. – М.: Наука, 1975.
13. Флюидный режим земной коры и верхней мантии / А.Ф.Летников, И.К.Карпов, А.И.Киселев, Б.О.Шкандрий. – М.: Наука, 1977.
14. Щеглов А.Д. Источники рудного вещества в областях тектономагматической активизации // Источники рудного вещества эндогенных месторождений. – М.: Наука, 1976. С. 58–64.

Выявление геохимической зональности эндогенного оруденения по вторичным ореолам рассеяния на примере Зыгыркольской зоны (Северный фланг Тырныаузского рудного узла)

С.Г.ПАРАДА (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН); 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41)

Предложен вариант решения задачи объёмного геохимического моделирования рудной зоны в условиях сильно расчленённого рельефа по химико-аналитическим данным, полученным при геохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния. Для этого осуществлена ГИС-обработка массива геохимических данных, полученных по результатам литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния в пределах Северного фланга Тырныаузского рудного узла. Проведён анализ площадного и высотного (по абсолютным отметкам рельефа) распределения геохимических аномалий Au, Ag, Sn, Bi, As, Pb, Zn, Cu, W, Mo, Sb, Mn во вторичных ореолах рассеяния. В результате установлена вертикальная геохимическая зональность Зыгыркольской рудной зоны, отражающая эндогенную зональность оруденения. Она отражена последовательным рядом следующих химических элементов, ранжированных в порядке максимумов проявления по мере продвижения от нижнерудных к надрудным зонам гидротермальной системы: Mn→Bi, Mo→W, Sn→Cu, Ag, Au→Zn, Pb→As→Sb.

Ключевые слова: золото, геохимические аномалии, вторичные ореолы рассеяния, геохимическая зональность, вертикальная зональность, объёмная геохимическая модель, Зыгыркольская зона, Тырныаузский рудный узел, Северный Кавказ.

Парада Сергей Григорьевич
доктор геолого-минералогических наук



parada@ssc-ras.ru

Revealing geochemical zoning of endogenous mineralization by secondary dispersion halos: example from the Zygyrkolskaya gold zone (Northern flank of the Tyrnyauz ore cluster)

S.G.PARADA («Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences»)

A possible solution of the 3-D geochemical ore zone modeling problem of in conditions of strongly rugged topography by the chemical-analytical data obtained in geochemical prospecting by secondary dispersion halos has been suggested. For this purpose, the GIS processing of geochemical data array obtained by results of the lithochemical survey by secondary dispersion halos within the Northern flank of the Tyrnyauz ore cluster has been performed. An analysis of areal and altitude (by absolute relief altitudes) distribution of geochemical Au, Ag, Sn, Bi, As, Pb, Zn, Cu, W, Mo, Sb, Mn anomalies in secondary dispersion halos has been carried out. As a result, the vertical geochemical zoning of the Zygyrkolskaya ore zone, reflecting endogenous mineralization zoning, has been determined. It is reflected in the sequence of the following chemical elements arranged in order of development maxima as they moved from the sub-ore to supra-ore zones of the hydrothermal system: Mn→Bi, Mo→W, Sn→Cu, Ag, Au→Zn, Pb→As→Sb.

Key words: gold, geochemical anomalies, secondary dispersion halos, geochemical zoning, 3-D geochemical model, Zygyrkolskaya zone, Tyrnyauz ore cluster, North Caucasus.

Постановка проблемы и методы исследования. Выявление эндогенной геохимической зональности месторождений и рудных полей – важная задача при оценке перспективности объекта и определении направления поисковых и геологоразведочных работ [5, 8, 15]. Достаточно надёжно она выявляется на основе

изучения первичных ореолов рассеяния рудообразующих элементов при наличии относительно густой сети горных выработок, вскрывших руды различных частей месторождения и вмещающие породы за его пределами, что бывает только на стадии геологической разведки и отработки месторождения. На стадии поисковых

работ таких возможностей обычно нет. Один из основных методов на этой стадии – геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния. В результате накапливаются огромные массивы химико-аналитических данных, которые обычно не используются для определения эндогенной зональности.

В данной статье предложен новый подход к изучению эндогенной зональности флюидогенных рудных месторождений, основанный на изучении геохимии вторичных ореолов рассеяния. Установлено [4, 15], что в активно денудированных горных районах любых ландшафтно-геохимических зон, благодаря быстрому обновлению ореолов рассеяния для большинства рудных элементов, обнаруживается равенство количества химического элемента в остаточном ореоле рассеяния и в коренных породах, связанное с установившимся динамическим равновесием между привносом и убылью минералов в зоне гипергенеза. Полученные данные по сопоставлению содержаний рудообразующих элементов в рыхлых отложениях и подстилающих их коренных породах в районе Северного фланга Тырныаузского рудного узла и других высокогорных районах Северного Кавказа даже на крутых склонах показали их практически одинаковые значения [10–12, 17]. Таким образом, в зоне гипергенеза должна наследоваться зональность первичных (эндогенных) геохимических ореолов.

Зональность первичных геохимических ореолов характеризуется тремя взаимно перпендикулярными составляющими по направлениям пространственных осей: X – вкрест простирания рудоносного объекта (поперечная или латеральная), Y – по простиранию рудного объекта (продольная), Z – по восстанию или падению рудоносного объекта (осевая или вертикальная) [15]. Очевидно, что при изучении зональности вторичных геохимических ореолов можно определить только её латеральную и продольную составляющие. Вместе с тем при геохимических поисках и оценке оруденения изучение вертикальной зональности имеет особое практическое значение [8]. Автор предполагает, что глубоко расчленённый рельеф даёт возможность определить вертикальную эндогенную зональность по вторичным ореолам рассеяния, то есть решать задачу объёмного геохимического моделирования рудного поля по данным, накопленным в процессе геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния.

В настоящей статье приводится результат решения такой задачи для Зыгиркольской рудной зоны Гитче-Тырныаузского рудного поля (рис. 1), расположенного на Северном фланге Тырныаузского рудного узла. В последние годы здесь по результатам поисковых работ, проведённых ООО «Каббалкгеология» под руководством автора, выявлены золотые руды в скарнах и различных метасоматитах [16, 17]. К настоящему времени достаточно подробно изучены состав руд и типоморфизм самородного золота, а также геологическое

строение рудного поля и геолого-геофизические условия локализации золотых руд [2, 6, 9, 13, 14, 17].

Приведём результаты специальной обработки химико-аналитических данных, полученных при площадной геохимической съёмке Северного фланга Тырныаузского рудного узла (всего 7120 проб, проанализированных на Au и 25 других рудообразующих элементов). Она включала получение статистических характеристик для каждого элемента, множественный корреляционный анализ, построение карт распределения во вторичных ореолах рассеяния химических элементов в программе Golden Software Surfer 10 и выявление геохимических аномалий каждого элемента. После чего производился анализ площадного распределения и высотного (гипсометрического) положения геохимических аномалий, их связей с геохимическими аномалиями золота.

Анализ распределения геохимических аномалий в пределах Северного фланга Тырныаузского рудного узла. Анализ площадного распределения аномалий рудообразующих химических элементов во вторичных ореолах рассеяния относительно различных геологических комплексов позволяет сгруппировать изученные элементы по следующим признакам:

- 1) элементы, пространственная позиция которых определяется только положением Зыгиркольской (основной) рудоносной тектонической зоны (Sn, Bi, W);
- 2) элементы, пространственная позиция которых определяется в первую очередь положением Зыгиркольской зоны в целом, в меньшей степени положением нижней части вулканического комплекса кзыл-кольской свиты (Cu, Zn, Au, Co);
- 3) элементы, пространственная позиция которых определяется в первую очередь положением Зыгиркольской зоны в целом, в меньшей степени положением Хромитовой и Таверсинчикульской тектоническими зонами (Ag, As, Au, Pb, Zn, Sb, W);
- 4) элементы, пространственная позиция которых определяется положением ультрабазитов и развитых по ним лиственитов и кварц-карбонатных метасоматитов (Cr, Ni, Co);
- 5) элементы, положительные аномалии которых пространственно совпадают с положительными аномалиями золота: Ag, Cu, Sn, Pb, Zn, W, Mo, Bi, As, Sb, Mn.

Для целей настоящего исследования имеют значение Au и последние 11 элементов, благодаря которым Зыгиркольская рудоносная зона чётко проявилась в геохимических полях (рис. 2).

Золото является основным рудообразующим элементом Гитче-Тырныаузского рудного поля, имеющим промышленное значение. В пределах Зыгиркольской рудной зоны геохимические аномалии Au образуют практически сплошной ореол, ограниченный с северо-запада экзоконтактовой зоной палеозойской интрузии кварцевых диоритов (см. рисунки 2 и 3). С исчезновением интрузии в северо-восточном направлении исчезает и геохимический ореол золота. То же самое



Рис. 1. Геологические комплексы Северного фланга Тырныаузского рудного узла:

1–4 – стратифицированные образования: 1 – карбонатный комплекс ($D_3 - C_1$), 2 – континентальные обломочный (молассовый) комплекс ($D_2 - C_3$), 3 – осадочно-вулканогенный комплекс (D_2), 4 – морской терригенный комплекс (D_1); 5–7 – интрузивные породы: 5 – тырныаузский комплекс лейкократовых гранитов альпийского магматического цикла, 6 – чучкурский комплекс диорит-гранодиорит-порфировый гипабиссальный позднегерцинского магматического цикла, 7 – комплекс гипербазитов герцинского магматического цикла; 8–10 – гидротермально-метасоматические образования: 8 – скарны (П – Перевальный, В – Верхний, С – Средний, Н – Нижний), 9 – кварц-карбонатные метасоматиты, 10 – листенизированные милониты; 11–13 – разрывные нарушения: 11–12 – надвиги: 11 – продольный и 12 – поперечный, 13 – тектонические зоны сбросо-взбросового типа, включая наиболее крупные (I – Зыгыркольская, II – Хромитовая, III – Таверсинчикольская)

происходит и в юго-западном направлении. В меньшем масштабе подобная ситуация отмечается у южной рамки площади, где геохимический ореол Au полностью занимает экзоконтактовую зону небольшого штока кварцевых диорит-порфиров.

В целом аномалии золота интенсивностью 0,1 г/т и выше обнаружены на всех гипсометрических уровнях рудного поля от 2500 до 3350 м. Наиболее интенсивные из них (более 0,5 г/т) расположены в пределах Зыгыркольской зоны, где совпадают с выходами на поверхность скарнов (включая проекцию на поверхность слепого Перевального скарна) и альпийских даек лейкократовых гранитов, вместе с которыми вытягиваются цепочкой в северо-западном направлении. Наибольшая по площади геохимическая аномалия интенсивностью до 8 г/т связана с Нижним скарновым телом, в котором выявлено промышленное золотое орудене-

ние. Далее на северо-запад площадь таких интенсивных геохимических аномалий золота сокращается в соответствии с уменьшением площадей выходов скарновых тел (Среднего, Верхнего и далее слепого Перевального). Северо-западнее Перевального скарна небольшая интенсивная аномалия соответствует выходу штокообразного тела альпийского лейкократового гранита.

Серия небольших по площади локальных геохимических аномалий с содержанием золота 0,1–0,5 г/т располагается в северной части территории в пределах развития обломочного (молассового) комплекса, где они составляют центральные зоны небольших по площади и интенсивности геохимических аномалий, проявленных в связи с кварцево-жильными и сульфидно-вкрапленными рудопоявлениями сурьмы. Содержания золота 0,1–0,5 г/т обычно отмечаются по 1–2 пробам.

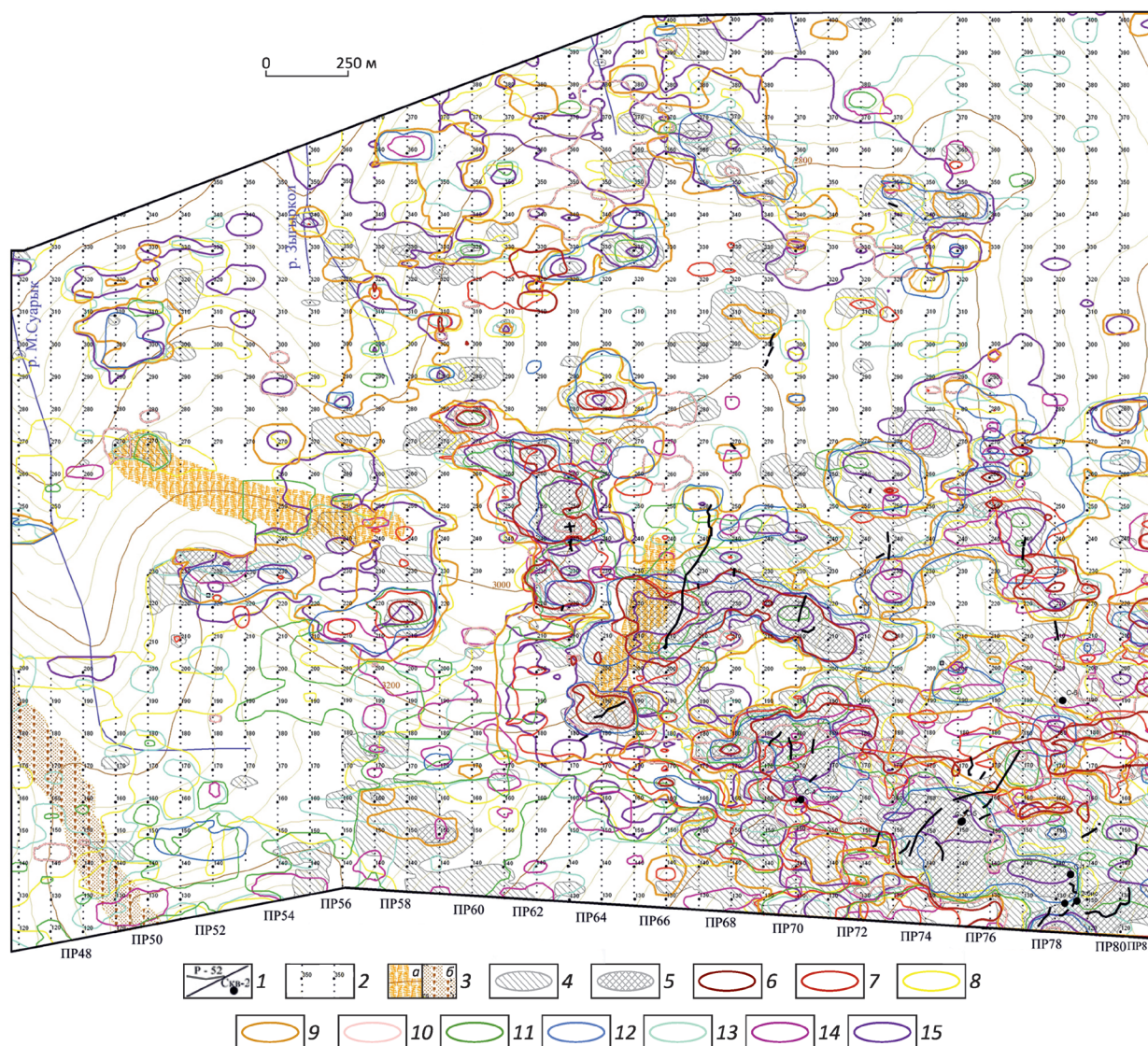


Рис. 2. Сводная карта геохимических аномалий золота и других (коррелируемых с золотом) рудообразующих элементов во вторичных ореолах рассеяния Северного фланга Тырныаузского рудного узла:

1 – горные выработки и скважины; 2 – поисковая сеть; 3 – элементы рельефа: а – остаточные ледниковые хребты, б – обвально-осыпные накопления; 4–15 – геохимические аномалии элементов: 4–5 – золото: 4 – 0,014–0,1 г/т, 5 – 0,1–8,0 г/т, 6–15 – содержание рудообразующих элементов (в $\mu\text{г}/\text{г}$): 6 – олово $\geq 0,99$, 7 – висмут $\geq 0,27$, 8 – мышьяк $\geq 12,1$, 9 – серебро $\geq 0,05$, 10 – вольфрам $\geq 0,7$, 11 – медь $\geq 11,6$, 12 – свинец $\geq 9,6$, 13 – цинк $\geq 23,2$, 14 – молибден $\geq 0,68$, 15 – сурьма $\geq 3,05$

Ещё три геохимические аномалии, в центральных частях которых содержания золота составляют 0,1–0,5 г/т, приурочены к участкам кварц-карбонатных метасоматитов на контакте верхнедевонско-нижнекаменноугольных известняков и среднедевонских вулканитов.

Таким образом, распределение аномалий золота в пределах изученной площади определяется, прежде всего, наиболее молодыми разломами северо-западного простирания, фиксируемыми альпийскими дайками лейкократовых гранитов и золотоносными скарнами. В

южной половине небольшие геохимические аномалии золота контролируются, скорее всего, разломом северо-восточного простирания и связаны с кварц-карбонатными метасоматитами. На севере изученной территории малые размеры имеют аномалии, связанные с кварц-антимонитовыми жилами и сульфидной вкрапленностью в терригенных породах верхнекаменноугольной молассы.

Содержания золота во вторичных ореолах рассеяния имеют относительно слабые положительные корреляционные связи со следующими элементами (по

степени убывания коэффициента корреляции): Ag 0,54; Sn 0,45; Bi 0,42; As 0,39; Pb 0,37; Zn 0,25; Cu 0,23; W 0,22; Mo 0,21; Sb 0,12; Mn 0,12. В целом на исследуемой площади аномалии всех перечисленных элементов обычно более-менее совпадают с аномалиями золота (см. рис. 2). Дальнейшее описание элементов приведено в порядке уменьшения коэффициента корреляции с золотом.

Серебро. Геохимические аномалии Ag в основном совпадают с геохимическими аномалиями Au (см. рисунки 2 и 3). Это хорошо заметно в пределах Зыгирьской рудоносной зоны, где наиболее интенсивные аномалии Ag (5 г/т и более) практически совмещены по площади с наиболее интенсивными аномалиями Au и приурочены к выходам тел золотоносных скарнов – Нижнего, Среднего, Верхнего – и проекцией на поверхность слепого Перевального скарна, а также с небольшим штоком лейкократового гранита.

Следует отметить, что в юго-восточном углу изучаемого района как слабые, так и интенсивные аномалии Ag по площади меньше, чем соответствующие по интенсивности аномалии Au. В северо-западном направлении картина меняется на противоположную, а именно – аномалии Ag становятся всё более широкими, превосходящими по площади соответствующие по интенсивности аномалии Au. А в северной части территории аномалии Ag значительно превосходят по площади аномалии Au и часто не совпадают с ними.

В целом аномалии Ag контролируются теми же геологическими факторами, что и аномалии Au. Однако у северной рамки территории появляются новые самостоятельные для Ag геологические факторы контроля. Это свинцово-сурьмяные рудопоявления.

Гипсометрическое положение аномалий Ag в пределах Зыгирьской зоны практически совпадает с таковым для аномалий Au. Однако, в отличие от аномалий Au, аномалии Ag не поднимаются выше изолинии рельефа 3200 м.

Олово. В площадном распределении геохимических аномалий Sn во вторичных ореолах рассеяния намечается площадная неравномерность их распределения (см. рисунки 2 и 3). Аномалии Sn, являясь менее распространёнными по площади, чем Au, располагаются внутри последних. Отмечается чёткая закономерная приуроченность наиболее интенсивных частей аномалий Sn к выходам скарновых тел. Важная особенность распределения аномалий Sn заключается в том, что их наиболее интенсивные части фиксируют наиболее вскрытые Нижний и Верхний золотоносные скарны. Средний скарн выделяется менее интенсивной аномалией, а вот не выходящий на поверхность Перевальный скарн практически не фиксируется в аномалиях Sn. В целом аномалии Sn не поднимаются выше абсолютной отметки 3040 м.

Другая важная особенность – постепенное сокращение площади аномалий Sn и уменьшение их интенсив-

ности в северо-западном направлении. Этот факт в совокупности с сокращением площади аномалий может свидетельствовать об уменьшении уровня эрозионного среза рудоносных образований в северо-западном направлении. Если это так, то Средний скарн эродирован в меньшей степени, чем Верхний и Нижний скарны.

Висмут. В пределах изученной территории аномалии Bi практически совпадают по площади с аномалиями Au (см. рисунки 2 и 3). Отмечается чёткая закономерная приуроченность наиболее интенсивных частей аномалий Bi к выходам скарновых тел. При этом они не поднимаются выше абсолютных отметок рельефа 3100 м. Меньше всего в аномалиях Bi выражен Верхний скарн, что, скорее всего, связано с геохимической зональностью оруденения, обусловленной минералогическими особенностями продуктивной минерализации [17]. В районе Нижнего скарна наиболее интенсивные аномалии Bi распространены шире, чем наиболее интенсивные аномалии Au, в районе Среднего скарна отмечается полное совпадение, а в районе Верхнего и Перевального скарнов происходит смещение к юго-западу слабых и интенсивных аномалий Bi относительно соответствующих аномалий Au. На севере изученной территории выделяются геохимические аномалии Bi, не совпадающие с аномалиями Au. Наиболее контрастная из них совпадает только с аномалией Sn. Аномалий Ag там нет.

Слабые по интенсивности аномалии Bi, совпадающие с аномалиями Au, приурочены к Хромитовой зоне разломов, где расположена наиболее крупная дайка метасоматически изменённых серпентинитов.

Мышьяк. В пределах изученной территории аномалии As в целом совпадают по площади с аномалиями Au (см. рисунки 2 и 3). Отмечается приуроченность наиболее интенсивных частей аномалий As к выходам скарновых тел. Меньше всего в интенсивных аномалиях As проявлены Нижний и Средний скарны. При этом они не отмечаются ниже абсолютных отметок 2900 м. В районе Верхнего скарна начинают появляться наиболее интенсивные аномалии As. Больше всего их отмечено на участке поверхности, расположенном непосредственно над слепым Перевальным скарном, а также над минерализованным штоком лейкократового гранита. Таким образом, в северо-западном направлении интенсивность и площади геохимических аномалий As увеличиваются. Увеличиваются и их гипсометрические отметки до 3240 м. Далее на северо-запад площади аномалий начинают заметно сокращаться, а их интенсивность уменьшаться.

Следует отметить смещение аномалий As в западном и юго-западном направлениях относительно аномалий Au. На северной половине территории аномалии As уже не связаны с аномалиями Au. Таким образом, увеличение интенсивности и площади аномалий As в пределах Зыгирьской зоны, вероятнее всего, связано с уменьшением глубины эрозионного среза этой рудоносной структуры.

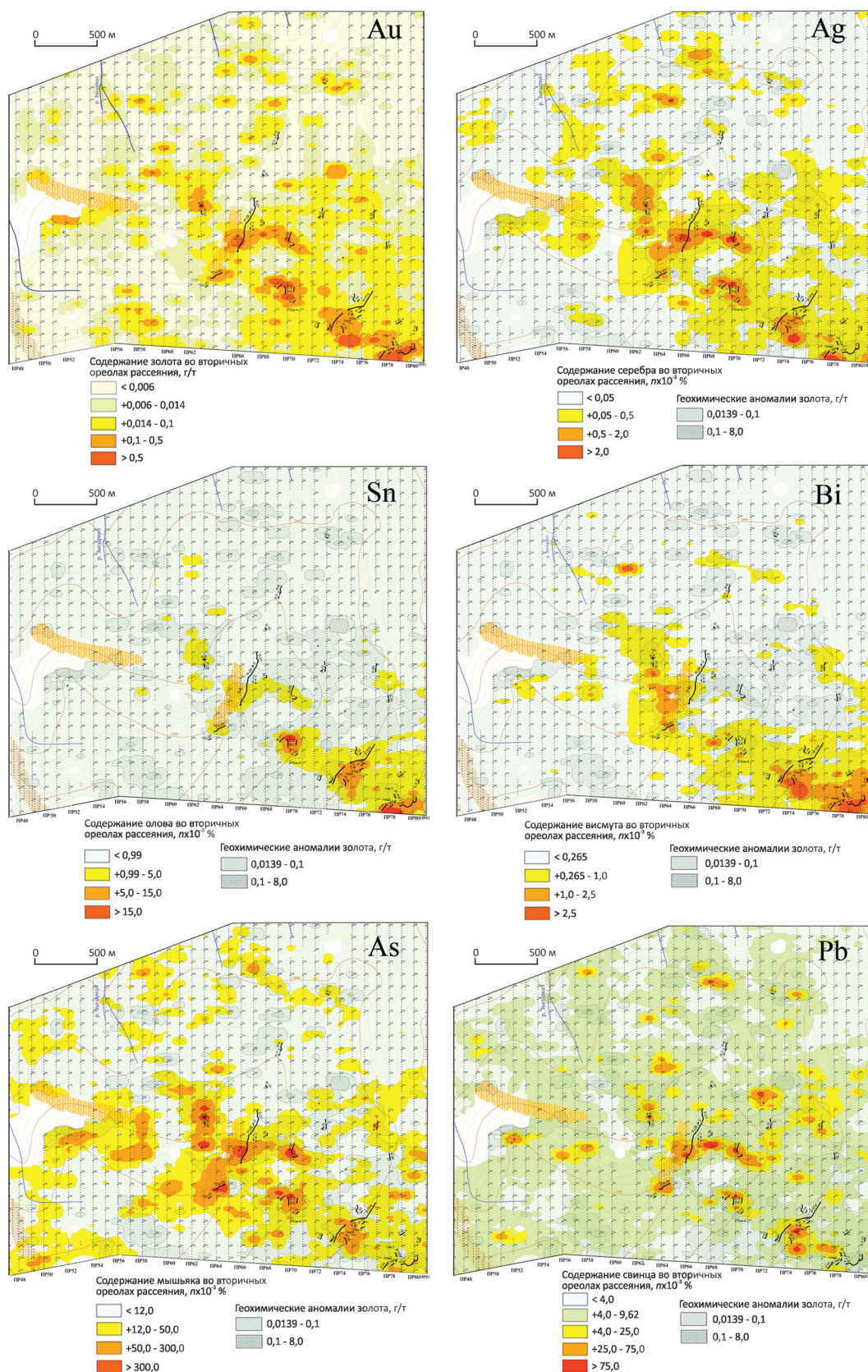


Рис. 3. Распределение Au, Ag, Sn, Pb, As, Cu во вторичных ореолах рассеяния Северного фланга Тырнауэзского рудного узла

На северо-востоке исследуемого участка цепочки аномалий As северо-западного простирания, по-видимому, связаны с параллельными Зыгыркольской зоне Хромитовым и Таверсинчикольским разломами.

Свинец. В пределах изученной территории аномалии Pb в целом совпадают по площади с аномалиями Au (см. рисунки 2 и 3). Аномалии Pb занимают меньшую площадь, чем аномалии Au и, в отличие от предыдущих элементов, располагаются внутри площадей развития наиболее интенсивных аномалий Au. При этом данные аномалии Pb расположены в интервале высот от 2780 до 3200 м. В южной половине территории аномалии Pb приурочены к отдельным выходам среднепалеозойских известняков. Несколько мелких аномалий Pb не совпадают с аномалиями Au. Две из них в северной части участка связаны с рудопоявлениями Sb, ещё одна, расположенная у южной рамки участка, связана с небольшим штоком альпийских диоритов, и ещё две связаны с кварц-карбонатными метасоматитами.

Наиболее интенсивные и наибольшие по площади аномалии Pb развиты на хребте Гитче-Тырныауз в районе не выходящего на поверхность Перевального скарна, две аномалии поменьше развиты в районе наименее вскрытого Среднего скарна. Таким образом, очевидно, что увеличение интенсивности и площади аномалий Pb в пределах Зыгыркольской зоны связано с уменьшением глубины денудационного среза этой рудоносной структуры.

Ещё одна аномалия Pb отмечается в районе северной группы рудопоявлений свинца и сурьмы в пределах молассового комплекса обломочных пород. Всё это может свидетельствовать о том, что свинец наиболее развит в верхних и надрудных частях золотоносных тел и фиксирует низкий уровень их эрозионного среза.

На северо-востоке участка цепочки аномалий Pb северо-западного простирания связаны с разломами данного направления – Хромитовым и Таверсинчикольским.

Цинк. Распределение геохимических аномалий Zn принципиально отличается от распределения аномалий описанных ранее химических элементов (см. рисунки 2 и 4). В целом намечается близширотное – северо-восточное простирание одной из групп аномалий Zn, соответствующее простиранию продуктивной на стратиформное оруденение Cu и Zn кызылкольской свиты. Другие цепочки аномалий Zn вытягиваются в северо-западном направлении, в соответствии с простиранием молодых золотоносных разломов. Это Зыгыркольская, Хромитовая и Таверсинчикольская зоны. В целом аномалии Zn не отмечаются ниже 2700 м, а у южной границы достигают высот 3360 м. В пределах наиболее продуктивной на золото Зыгыркольской зоны аномалии Zn (как и аномалии Pb) совпадают по площади с ядрами наиболее интенсивных аномалий Au.

Таким образом, распределение аномалий Zn на изученной площади обусловлено двумя основными факторами: 1) выходами потенциально рудоносной в отно-

шении Cu и Zn кызылкольской вулканогенной свиты, 2) северо-западными тектоническими зонами, контролирующими оруденение альпийской гидротермальной рудной системы.

Медь. В площадном распределении геохимических аномалий Cu во вторичных ореолах рассеяния есть заметные отличия, связанные, прежде всего, со значительно меньшей площадью их распространения (см. рисунки 2 и 4). Вместе с тем эти аномалии охватывают весь интервал высот рудного поля от 2500 до 3360 м. Другое отличие заключается в том, что аномалии Cu не распространяются на север и северо-восток территории за пределы Зыгыркольской зоны.

Первым фактором, определяющим распределение аномалий Cu в пространстве, является наличие медноколчеданных рудопоявлений, связанных с продуктивной вулканогенной толщей кызылкольской свиты. Они вытягиваются в субширотном направлении вдоль южной границы изученной территории, в соответствии с простиранием вулканогенной толщи.

Вторым фактором, определяющим распределение аномалий Cu в пространстве, является Зыгыркольская минерализованная зона разломов, которая фиксируется цепочкой наиболее интенсивных аномалий Cu, совпадающих с наиболее интенсивными аномалиями Au. В пределах других северо-западных зон разломов (Хромитового и Таверсинчикольского) аномалии Cu отсутствуют.

Вольфрам. Этот элемент является главным рудным компонентом Тырныаузского Mo-W месторождения, примыкающего с юго-востока к изучаемой территории. В связи с этим на изучаемой площади неоднократно проводились поисковые работы на вольфрам, однако промышленное оруденение здесь не выявлено.

Вольфрам, также как Zn и Cu, не обладает достаточно очевидной корреляционной связью с Au ($r=0,22$). Важное отличие площадного распределения геохимических аномалий W во вторичных ореолах рассеяния от распределения всех предыдущих элементов – локализация наиболее интенсивных аномалий в основном только в пределах Зыгыркольской зоны и у северной рамки территории в районе северного окончания ареала сурьмяных рудопоявлений (см. рисунки 2 и 4). Можно также считать, что этот северный участок интенсивной аномалии W приурочен к окончанию крупной дайки серпентинизированных ультрабазитов Хромитовой зоны, где она уходит под тектонический покров. Если рассматривать характер изменения геохимических аномалий W в пространстве, то от осевой части хребта Гитче-Тырныауз их интенсивность возрастает в юго-восточном направлении от Перевального скарна (минимальная) до Нижнего скарна (максимальная). Далее на юго-восток она, скорее всего, продолжает нарастать в связи с наличием там шеелитового оруденения.

В пределах Зыгыркольской зоны геохимические аномалии W полностью находятся в контурах геохимических аномалий Au. При этом наиболее интенсивные из

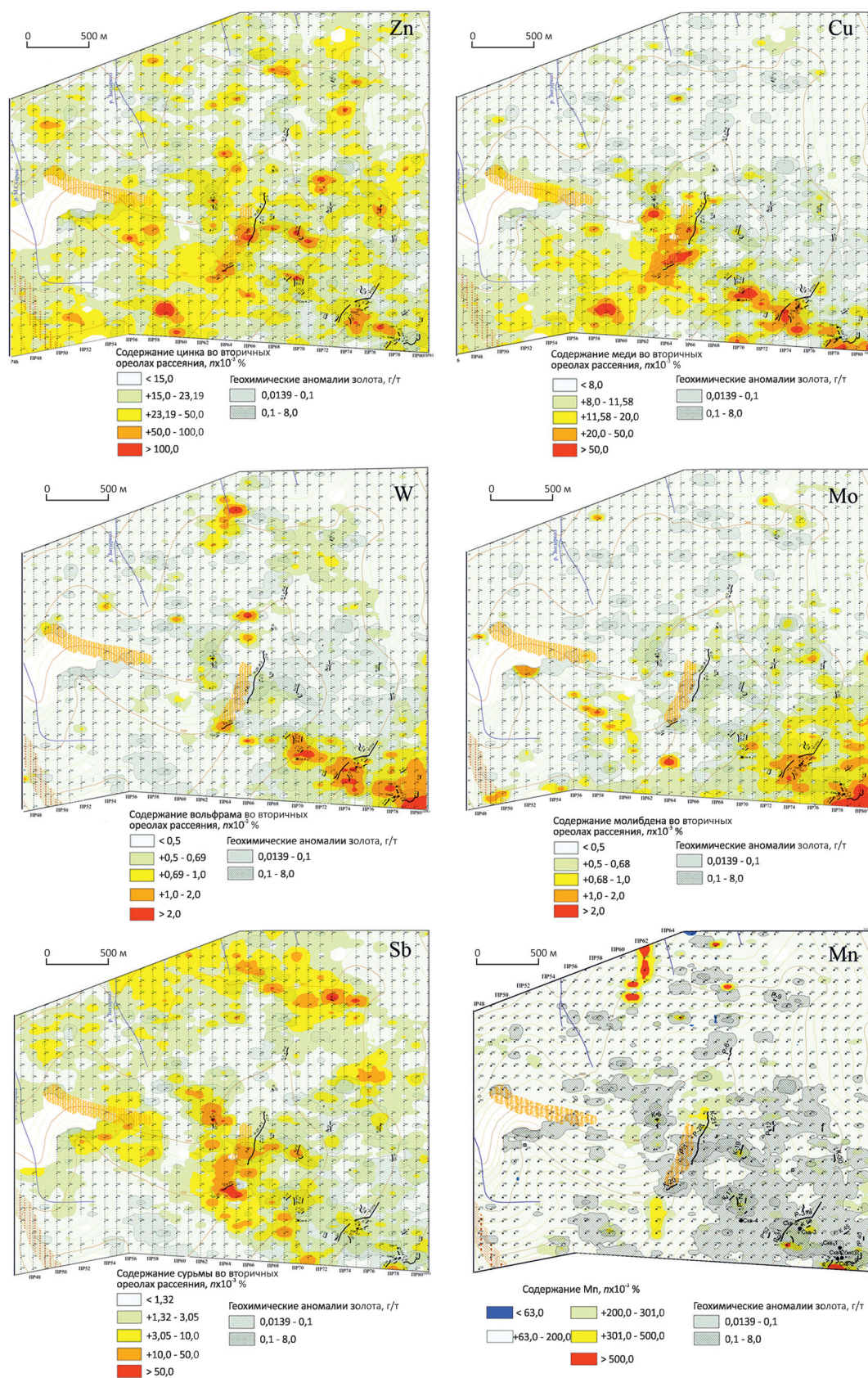


Рис. 4. Распределение Au, Zn, Cu, W, Mo, Sb, Mn во вторичных ореолах рассеяния Северного фланга Тырнауэзского рудного узла

них не поднимаются выше отметок 3000 м. В районе Среднего скарна наиболее интенсивные аномалии W полностью совпадают с наиболее интенсивными аномалиями Au. В районах Верхнего и Нижнего скарнов ареалы наиболее интенсивных аномалий W шире ареалов наиболее интенсивных аномалий Au. Примерно тоже самое, но не по площади, а по интенсивности, отмечалось ранее для Sn. Это подтверждает высказанное выше предположение о более глубоком эрозионном срезе Верхнего и Нижнего скарнов относительно Среднего скарна. Не выходящий на поверхность Перевальный скарн вообще не отражается в геохимических аномалиях W, но обнаруживается по относительно слабоинтенсивным аномалиям Sn. Таким образом, W, как и Sn, в геохимических аномалиях вторичных ореолов рассеяния характеризует наиболее глубокие части золоторудной системы. При этом, если аномалии W в пределах Зыгыркольской зоны связаны только с выходами скарнов на дневную поверхность, то аномалии Sn проявляются над не выходящими на поверхность рудоносными скарнами. Последнее может быть обусловлено наличием ещё и кайнозойского этапа оловянного оруденения в секущих скарны жильно-прожилковых и сульфидно-вкрапленных минерализациях.

Таким образом, основными геологическими факторами, контролирующими проявление аномалий W во вторичных ореолах рассеяния, являются минерализованные зоны разломов северо-западного простирания (Зыгыркольская и в меньшей степени Таверсинчикольская) и выходы рудоносных скарнов.

Молибден. Положительные аномалии Mo занимают в основном юго-восточный угол территории, где располагаются внутри контура аномалий Au, а иногда выходят за его пределы, то есть распространены шире, чем аномалии Au (см. рисунки 2 и 4). Наиболее интенсивные из них совпадают с наиболее интенсивными аномалиями Au и приурочены здесь к выходам Среднего и Нижнего скарнов. При этом они не поднимаются выше абсолютных отметок рельефа 2800 м. В районе Верхнего скарна площадь интенсивной аномалии Mo заметно меньше площади наиболее интенсивной аномалии Au. Не выходящий на поверхность Перевальный скарн в аномалиях Mo не отражается. Далее на северо-запад от Перевального скарна отмечаются отдельные точечные аномалии Mo внутри более широкого контура аномалий Au. Одна цепочка аномалий Mo, совпадающих с аномалиями Au, связана с Хромитовой зоной разломов, другая цепочка аномалий Mo выделяется западнее Зыгыркольской зоны и параллельна ей. Здесь аномалии Mo имеют самостоятельное, не связанное с аномалиями Au значение и приурочены к выходам небольших тел скарнов и пироксен-плагиоклазовых метасоматитов. Наиболее интенсивная и обширная по площади из них приурочена к кварц-карбонатным породам и совпадает здесь с наиболее интенсивной аномалией Au.

В целом главными факторами контроля геохимических аномалий Mo являются наличие северо-западных разломных зон, выходов скарнов и близость к очагу кайнозойского магматизма.

Сурьма. Распределение этого элемента в пределах изученной территории, так же как в отношении W и Mo, представляет особый интерес, в том числе и поисковый, потому что в пределах изученной территории проявлено сурьмяное оруденение в виде Мало-Тырныаузского месторождения и нескольких рудопроявлений. Вся изученная территория в целом обладает повышенным фоном Sb. При этом Sb практически не обнаруживает корреляционной связи с золотом ($r=0,12$).

Можно выделить четыре обособленные группы геохимических аномалий Sb во вторичных ореолах рассеяния (см. рисунки 2 и 4), контролируемых различными геологическими факторами. Первая из них приурочена к Зыгыркольской зоне разломов, от осевой части которой аномалии смещены к юго-западу так, что наиболее интенсивные не совпадают с выходами золотоносных скарнов. Последние проявляются в мелких аномалиях Sb слабой интенсивности. Цепочка интенсивных аномалий Sb протягивается в северо-западном направлении параллельно Зыгыркольской зоне до области Перевального скарна. Здесь, в осевой части хребта Гитче-Тырныауз, отмечается самая интенсивная аномалия Sb, которая своей северной частью совпадает с интенсивной аномалией Au. Далее на северо-восток эта аномалия, но с несколько меньшей интенсивностью продолжается до района Перевального скарна, где также совпадает с другой интенсивной аномалией Au. Аномалии Sb, совмещённые с геохимическими аномалиями Au, проявляются также в области кайнозойской интрузии лейкократового гранита, расположенного севернее Перевального скарна. В целом в пределах Зыгыркольской зоны аномалии Sb располагаются выше отметок 3000 м.

По цепочке аномалий Sb намечается самостоятельная минерализованная зона северо-западного простирания, параллельная Зыгыркольской зоне, которая продолжается далее на северо-запад, где расширяясь образует обширную площадную аномалию с несколькими ядрами повышенной интенсивности. Эти ядра совпадают с аномалиями Au и приурочены к полю развития кварц-карбонатных пород.

Именно по конфигурациям аномалий Sb наиболее чётко проявляются минерализованные разломные зоны северо-восточного простирания. На их пересечении с северо-западными разломами аномалии Sb вытягиваются в северо-восточном направлении. Особенно масштабная северо-восточная структура проявляется в осевой части хребта Гитче-Тырныауз, где она, пересекая последний и протягиваясь далее в северо-восточном направлении, создаёт третий ареал геохимических аномалий Sb. Этот обширный ареал аномалий Sb не совпадает с аномалиями Au и отражает ареал распространения

рудопроявлений сурьмы, аналогичных расположенному севернее Мало-Тырныаузскому месторождению. Поскольку в районе месторождения геохимические пробы не отбирались, так как вся его площадь представляет зачищенную глубоко в коренные породы площадку, то, по-видимому, данная геохимическая аномалия Sb протягивается на север через месторождение до слияния с другой (четвёртой) группой геохимических аномалий Sb. Эта группа аномалий местами совпадает с аномалиями Au и контролируется областью развития кварц-антимонитовых жил и прожилков. В западном направлении интенсивность аномалий ослабевает, и уже на левобережье руч. Зыгыркол они распадаются на несколько меньших по площади и интенсивности аномалий Sb, несвязанных с аномалиями Au.

В целом, если учесть даже минимальную корреляционную связь Sb и Au, можно предположить, что геохимические аномалии Sb контролируют надрудный (в отношении золота) срез рудоносных структур. Косвенно это подтверждается значительным расширением наиболее интенсивных аномалий Sb в районах не вскрытого Перевального скарна и области развития кварц-сурьмяных жил и прожилков.

Марганец. Этот элемент, так же как и Sb, практически не обладает корреляционной связью с Au ($r=0,12$). Площадное распределение положительных аномалий Mn характеризуется проявлением наиболее интенсивных аномалий марганца у северной рамки и в юго-восточном углу территории (см. рисунки 2 и 4). В юго-восточном углу исследуемой площади аномалии Mn совпадают с центральными частями наиболее интенсивных аномалий Au и приурочены к Нижнему и Среднему скарнам. В целом наиболее интенсивные аномалии Mn не распространяются выше абсолютных отметок 2800 м. Менее интенсивные аномалии Mn приурочены к Верхнему скарну и к осевой части хребта Гитче-Тырныауз в районе Перевального скарна, а также небольшого штока кайнозойских лейкократовых гранитов. Северная группа положительных аномалий Mn характеризуется повышенной интенсивностью.

В целом геологические факторы, контролирующие аномалии Mn в пределах Зыгыркольской зоны разло-

мов, очевидны – это наиболее глубоко эродированные тела скарнов преимущественно гранатового состава. Поэтому содержания Mn во вторичных ореолах рассеяния можно использовать как показатель наибольшей глубины денудационного среза рудоносных структур. Северная группа геохимических аномалий Mn связана, скорее всего, с первично осадочными концентрациями Mn, контролируемые локальными фаціальными условиями седиментогенеза.

Вертикальная геохимическая зональность оруденения Зыгыркольской зоны. Результаты анализа положения геохимических аномалий по отношению к уровню денудационного среза золотоносных скарнов в пределах Зыгыркольской рудной зоны в условиях резко расчленённого рельефа позволяют определить вертикальную геохимическую зональность оруденения (см. таблицу).

Таким образом, данная модель, отражающая вертикальную геохимическую зональность золотого оруденения в совокупности с комплектом моноэлементных карт, характеризующих горизонтальную зональность, позволяет в соответствии с [7] получить представление об объёмной эндогенной геохимической зональности золотого оруденения Зыгыркольской зоны. Она выражена последовательным рядом следующих химических элементов, ранжированных в порядке максимумов проявления по мере продвижения от нижнерудных к надрудным и от центральных к периферическим зонам гидротермальной рудообразующей системы: $Mn \rightarrow Bi$, $Mo \rightarrow W$, $Sn \rightarrow Cu$, Ag , $Au \rightarrow Zn$, $Pb \rightarrow As \rightarrow Sb$.

В соответствии с классификацией, приведённой в работе [3], проявленную зональность можно отнести к внутреннему подтипу конформного типа. Данная геохимическая зональность отражает с одной стороны металлогеническую зональность рудного поля, с другой – уровень эрозионного среза рудоносной структуры. Очевидно, что участки одиночных геохимических аномалий Sb указывают на минимальный эрозионный срез золотоносной структуры, а участки развития только аномалий Mn указывают на её максимальный срез.

Для более точной оценки уровня среза золотоносных структур обычно используются отношения групп

Модель вертикальной геохимической зональности золотого оруденения Зыгыркольской зоны Северного фланга Тырныаузского рудного узла

Золотоносный участок	Sb	As	Pb	Zn	Au	Cu	Ag	Bi	W	Sn	Mo	Mn	Абсолютные отметки рельефа, м	
													min	max
Перевальный	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–	3100	3300
Верхний	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	2900	3100
Средний	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	2700	2900
Нижний	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+	2500	2700

Примечание. Наличие геохимической аномалии элемента: «+» – совпадающей с геохимической аномалией Au, «–» – не совпадающей.

индикаторных элементов, отражающих минимальный и максимальный срез, например в [1, 15]. Вычисленные значения индикаторного отношения $Ag \times Pb \times Sb / W \times Co \times Mo$ для геохимических аномалий разных сегментов Зыгиркольской зоны подтвердили надрудный уровень среза для геохимических аномалий над не выходящим на поверхность Перевальным скарном (605), верхнерудный срез для участка Среднего скарна (0,21) и среднерудный для Нижнего скарна (0,01), что не противоречит геологическим данным и результатам поисковых работ.

По представленным материалам можно сделать следующие выводы:

1. Подтверждена гипотеза о том, что в условиях сильно расчленённого горного рельефа возможно осуществлять объёмное геохимическое моделирование оруденения на основе химико-аналитических данных, полученных при геохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния.

2. Осуществлена ГИС-обработка массива химико-аналитических данных, полученных по результатам литохимической съёмки по вторичным ореолам рассеяния в пределах Северного фланга Тырныаузского рудного узла.

3. На основе анализа площадного и высотного (гипсометрического) распределения геохимических аномалий рудообразующих элементов во вторичных ореолах рассеяния установлена эндогенная геохимическая зональность оруденения Зыгиркольской зоны Северного фланга Тырныаузского рудного узла. Она отражена последовательным рядом химических элементов, ранжированных в порядке максимумов проявления по мере продвижения от нижнерудных к надрудным и от центральных к фронтальным зонам гидротермальной рудообразующей системы: $Mn \rightarrow Bi$, $Mo \rightarrow W$, $Sn \rightarrow Cu$, Ag , $Au \rightarrow Zn$, $Pb \rightarrow As \rightarrow Sb$.

Работа выполнена в рамках реализации Государственного задания ЮНЦ РАН на 2019 г. № госрегистрации АААА-А19-119011190181-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ворошилов В.Г. О взаимосвязи структуры аномально-геохимического поля с механизмом формирования гидротермальной системы // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 4. С. 35–40.
2. Геофизические методы при поисках золоторудной минерализации на флангах Тырныаузского рудного узла / В.А.Тарасов, М.С.Емкужев, С.Г.Парада, В.В.Столяров // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2015. № 1. С. 109–117.
3. Геохимическая зональность металлогенических зон, рудных районов и узлов / Ю.Н.Николаев, Л.А.Криночкин, А.А.Головин, В.А.Дамбаев // Разведка и охрана недр. 2004. № 32. С. 31–36.
4. Кокин А.В., Троценко В.В. Зональность эндогенных рудных месторождений, как отражение фундаментальных свойств химических элементов // Наука Юга России. 2016. Т. 12. № 2. С. 28–42.
5. Кременецкий А.А. Поисковые геолого-геохимические модели рудных месторождений: проблемы и решения // Разведка и охрана недр. 2009. № 5. С. 3–7.
6. Маркин М.Ю., Столяров В.В., Шишчалов И.Ю. Геологические условия локализации золотого оруденения северного фланга Тырныаузского рудного поля // Вестник Южного научного центра. 2014. Т. 10. № 2. С. 44–51.
7. Методы геохимической томографии и их использование в практике геологоразведочных работ / А.И.Бураго, С.А.Шлыков, В.А.Бураго, Н.П.Митрофанов // Разведка и охрана недр. 2013. № 11. С. 36–41.
8. Милев С.А. Комплекс геохимических признаков для обоснования прогноза оруденения на глубину (на примере месторождений золотосульфидно-кварцевой и золотосеребряной формаций) // Отечественная геология. 2016. № 2. С. 53–58.
9. Опыт применения крупномасштабной магнитной съёмки при поисках золотого оруденения в восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская республика) / А.С.Емкужев, С.Г.Парада, В.В.Столяров, В.А.Тарасов // Геология и геофизика Юга России. 2013. № 3. С. 3–19.
10. Парада С.Г., Холод Ю.В., Шишчалов И.Ю. Геохимия вторичных ореолов рассеяния Малка-Муштинского рудного узла (Северный Кавказ) // Вестник Южного научного центра. 2011. Т. 7. № 3. С. 55–60.
11. Первые химико-аналитические данные о платиноносности Беденского серпентинитового массива (Карачаево-Черкесская республика) / С.Г.Парада, М.Ю.Маркин, В.В.Столяров, И.Ю.Шишчалов // Доклады Академии наук. 2014. Т. 454. № 5. С. 567–570.
12. Проявление потенциально платиноносных гипербазитов в геохимических аномалиях Ni, Сг и Со на примере восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская республика) / С.Г.Парада, В.В.Столяров, М.Ю.Маркин, И.Ю.Шишчалов // Геология и геофизика Юга России. 2014. № 2. С. 42–54.
13. Столяров В.В. Прогнозно-поисковая модель золотого оруденения в скарнах Северного фланга Тырныаузского рудного поля (Кабардино-Балкарская республика) // Руды и металлы. 2015. № 3. С. 25–37.
14. Столяров В.В. Стадийность минералообразования в золотосульфидных рудах северного фланга Тырныаузского рудного поля (Кабардино-Балкарская республика) // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 2. С. 30–33.
15. Чекваидзе В.Б., Милев С.А., Исакович И.З. Комплексная петрографо-минералого-геохимическая методика поисков золоторудных месторождений. – М.: «Бородино-Е», 2004.
16. Parada S.G., Popov Yu.V., Stolyarov V.V. New Type of Gold Mineralization of the Tyrnauz Ore Cluster (Kabardino-Balkar Republic) // Doklady Earth Sciences. 2017. Vol. 477. Part 1. P. 1256–1259.
17. Parada S.G., Stolyarov V.V. Relation of Gold Mineralization on the Northern Flank of the Tyrnauz Deposit to Intrusive Complexes, Kabardino-Balkar Republic // Doklady Earth Sciences. 2012. Т. 445. № 2. С. 939–942.

Коллекционные, интерьерные и ювелирные аммониты из отложений нижнего апта Ульяновской области

Д.А.ПЕТРОЧЕНКОВ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (ФГБОУ ВО МГРИ–РГГРУ); 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23),
Е.Ю.БАРАБОШКИН (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (ФГБОУ ВО МГУ); 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1)

На российский и мировой рынки поступают уникальные коллекционные и интерьерные аммониты из отложений нижнего апта Ульяновской области. Известняковые конкреции с остатками аммонитов используются для изготовления ювелирных изделий и сувениров. Аммониты коммерческого качества присутствуют в уплотнённых конкрециях, залегающих в тёмно-серых глинах верхней части разреза. Аммониты представлены большим количеством родов, имеющих моно- и гетероморфные раковины. Конкреции с аммонитами состоят из кальцита (до 95 мас.%) с небольшим количеством пирита, кварца, арагонита; фиксируются апатит, гематит, гипс. Стенки и перегородки аммонитов состоят преимущественно из арагонита, который фрагментарно замещается кальцитом и гидроксипатитом. По содержанию элементов-примесей выделяются два типа кальцита. Основной объём кальцита, выполняющего известняк и фрагмоконы аммонитов, содержит Mg, Mn и Fe, другой тип только Mg, развивается по первому в зонах микротрещиноватости.

Ключевые слова: аммонит, Ульяновская область, нижний апт, кальцит, арагонит, ювелирно-поделочные камни.

Петроченков Дмитрий Александрович
кандидат геолого-минералогических наук

p-d-a@mail.ru



Барабошкин Евгений Юрьевич
доктор геолого-минералогических наук

ejbaraboshkin@mail.ru

Collection, Interior and Jewellery Ammonites from of the Lower Aptian Deposits, Ulyanovsk Region

D.A.PETROCHENKOV (Russian State Geological Prospecting University (MGPI-RSGPU))
E.Yu.BARABOSHKIN (Moscow State University)

Unique collection and interior ammonites from the Lower Aptian deposits, Ulyanovsk region, are supplied to the world and Russian markets. Limestone concretions with remnants of ammonites are used for making jewellery articles and souvenirs. The ammonites of commercial quality are present in complanate concretions occurring in dark-grey clays of the upper part of section. The ammonites are represented by numerous genus having monomorphic and geteromorphic shells. The concretions with ammonites consist of calcite till (95 weight %) with minor pyrite, quartz, aragonite. Apatite, hematite, gypsum are also fixed. The murals and septums of ammonites mainly consist of aragonite which is fragmentarily replaced with calcite and hydroxy-apatite. Two types of calcite are distinguished by the content of admixture elements. The bulk of calcite filling marl and phragmocones of ammonites Mg, Mn and Fe, the other type only contains Mg and is developed on the former in zones of microjointing.

Key words: ammonite, Ulyanovsk region, the Lower Aptian, calcite, aragonite, jewelry and ornamental stones.

На мировом рынке широко представлены коллекционные и интерьерные аммониты. В последние десятилетия высоким спросом стали пользоваться также ювелирные и сувенирные изделия из аммонитов. В ряде

стран, например Марокко и Мадагаскаре, аммониты являются важным элементом экспорта [3]. В мире популярен канадский ископаемый перламутр – аммолит [8]. Значительный объём аммонитов, включая уникальные

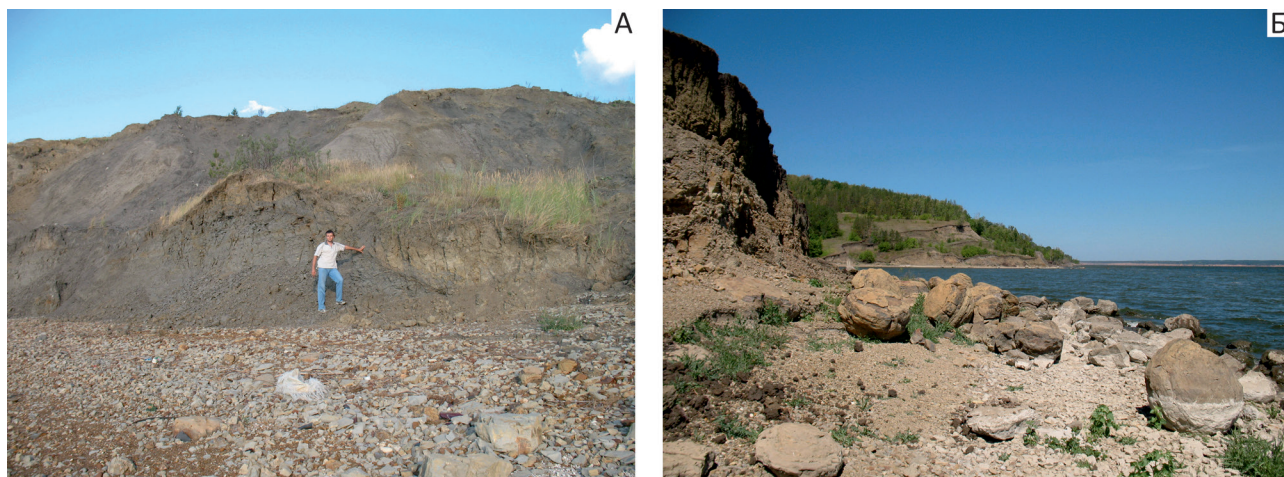


Рис. 1. Отложения апта в окрестностях пос. Шиловка

коллекционные и интерьерные аммониты и изделия из них, поступает на российский и мировой рынки из отложений нижнего апта Ульяновской области [4], с которыми связаны и другие виды ювелирно-поделочного сырья: септарии, спектропирит, сенгилит, окаменелое дерево [3, 5, 6].

Аммониты в качестве ювелирно-поделочного сырья в больших объёмах используются относительно недавно, поэтому геммологически слабо изучены. Остаются неясными условия залегания в отложениях конкреций с аммонитами коммерческого качества. В статье приведены данные о стратиграфическом положении нижнеаптских аммонитов коммерческого качества, даны их минералогические и геммологические характеристики.

Палеогеография раннего апта и положение аммонитов в разрезе. В самом начале апта морской бассейн Русской плиты представлял собой огромный залив бореального (арктического) бассейна, заселённый главным образом белемнитами, двустворками и простейшими [1, 2]. Позже тёплые воды океана Тетис проникли с юга через Каспийский пролив, что привело к образованию характерной толщи битуминозных глин (горючих сланцев) с гигантскими карбонатными конкрециями – «аптской плиты» (рис. 1).

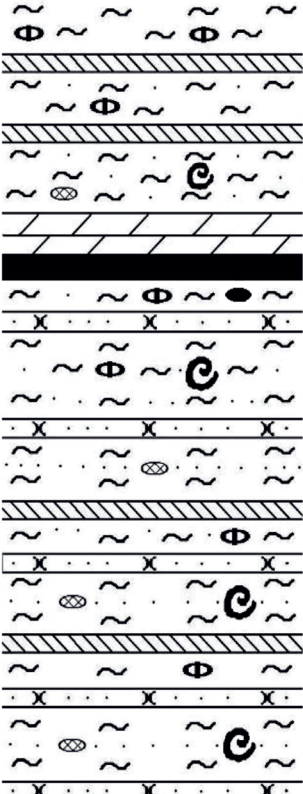
Присутствие известкового планктона – кокколитофорид – благоприятствовало накоплению карбонатного ила, что приводило к росту конкреций. Глубина бассейна в этот период не превышала 50–100 м. Большая масса органического вещества образовалась не только за счёт планктона, но и за счёт флоры, произраставшей по берегам бассейна. Вся толща глин формировалась в обстановке недостатка кислорода, а горючие сланцы – в условиях анокисии. Поэтому в отложениях нижнего апта наблюдается обилие пирита – признак восстано-

вительной среды, способствующий хорошей сохранности фоссилий. Кроме того, были характерны условия заморов, что приводило к массовому захоронению аммонитов хорошей сохранности, консервации мягкого тела головоногих моллюсков – теутид – и остатков целых рыб.

Стратиграфия разреза детально описана в работе [2] и дополнена новыми данными [7]. В основании нижнего апта наблюдается ритмичное переслаивание серо-коричневых рыхлых песчаников, тёмно-серых глинистых алевролитов и чёрных глин. Породы биотурбированы, глины содержат большое количество выветрелых пиритовых конкреций. Карбонатные конкреции, как правило, находятся в песчанистых прослоях. Пачка образована тремя ритмами общей мощностью 10 м (рис. 2).

Выше залегает пачка ритмично переслаивающихся тёмно-серых алевролитовых биотурбированных глин и коричневых рыхлых глауконит-кварцевых песчаников. Глины содержат выветрелые пиритовые конкреции, а песчаник – карбонатные. Мощность пачки 30–31 м. Над ней расположены чёрные горючие сланцы, вблизи основания которых присутствуют крупные тесно расположенные карбонатные конкреции – «аптская плита» – и в верхней части – более мелкие конкреции. В основании встречаются крупные фрагменты древесины, раковинный детрит и мелкие фосфатные конкреции. Мощность пачки 4 м.

Выше по разрезу находятся тёмно-серые глины с рассеянным раковинным детритом в основании (3 м), которые надстраиваются биотурбированными алевролитистыми глинами с прослоями глауконит-кварцевого песчаного материала (4 м). Завершает разрез ритмичное чередование серых глинистых алевролитов, глауконитовых глин с раковинным детритом мощностью 1,6–1,8 м.

Группа	Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Колонка	Мощность, м	Литологическая характеристика отложений и вид ювелирно-поделочного сырья
Индекс, возраст (млн. лет)							
Мезозойская МЗ (252–65)	Меловая К (145–65)	Нижний К ₁ (145–97)	Аптский К _{1а} (113–105)	Нижний К _{1а1}		50–55	Ритмичное переслаивание серо-коричневых, кварц-глауконитовых песчаников, тёмно-серых глинистых алевролитов, чёрных и тёмно-серых глин; породы биотурбированы с пиритовыми, сидеритовыми и карбонатными конкрециями; чёрные горючие сланцы с крупными фрагментами древесины; пласт твёрдого битуминозного мергеля – «аптская плита»; вид ювелирно-поделочного сырья: аммониты: Deshayesites, Paradeshayesites, Obsoleticeras, Aconeceras, Volgoceratoides, Koeneniceras, Ancyloceras, Lithancylus, Pseudoaustraliceras, Proaustraliceras, Audouliceras, Toxoceratoides, Tropaeum, спектропирит, септарии, сенгилит, окаменелое дерево

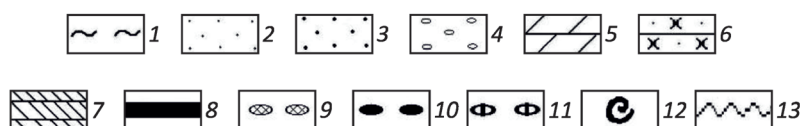


Рис. 2. Схематичный разрез нижнего апта в районе г. Ульяновск и виды ювелирно-поделочного сырья:

1 – глины; 2 – пески; 3 – гравий; 4 – галька; 5 – мергель; 6 – песчаник; 7 – алевролит; 8 – горючие сланцы; конкреции: 9 – сульфидов и сидеритов, 10 – фосфоритов, 11 – карбонатные; 12 – раковины аммонитов; 13 – границы размыва

В основании этого слоя присутствуют разноразмерные известковистые конкреции, часть из которых содержит аммониты коммерческого качества (рис. 3). Общая мощность отложений нижнего апта около 50–55 м.

В интервале «аптской плиты» в глинах и конкрециях встречаются аммониты с мономорфной (плоско-спиральной) раковиной родов *Deshayesites*, *Sinzovia*, *Paradeshayesites*, *Obsoleticeras* и мелкие аммониты с развёрнутой (гетероморфной) раковиной: *Volgoceratoides*,

Koeneniceras. Обычно аммониты сильно расплющены и поломаны. Только в небольших овальных, дисковидных известковистых конкрециях они сохраняют не только свою первоначальную форму, но нередко бывают покрыты отливающим радужой перламутром (рис. 4).

В верхней части разреза в глинах и конкрециях содержатся гетероморфные аммониты *Ancyloceras*, *Lithancylus*, *Pseudoaustraliceras*, *Proaustraliceras*, *Audouliceras*, *Toxoceratoides*, *Tropaeum*, являющиеся наиболее

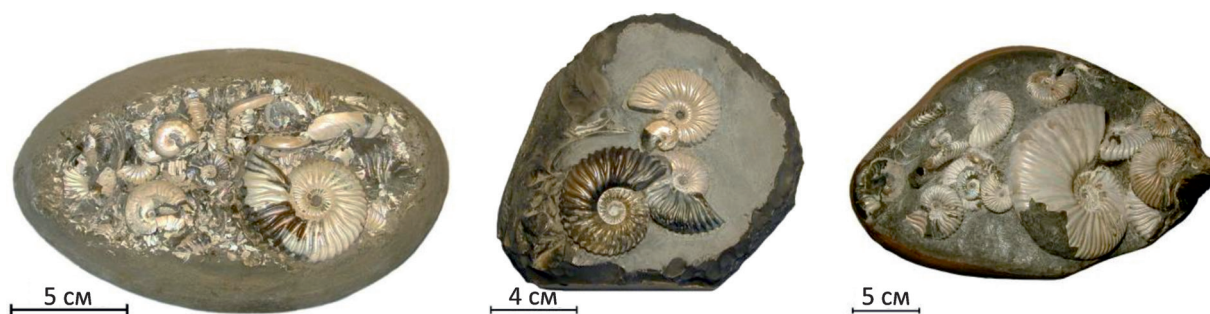


Рис. 3. Известковистые конкреции с большим количеством аммонитов родов *Deshayesites* и *Sinozvia*

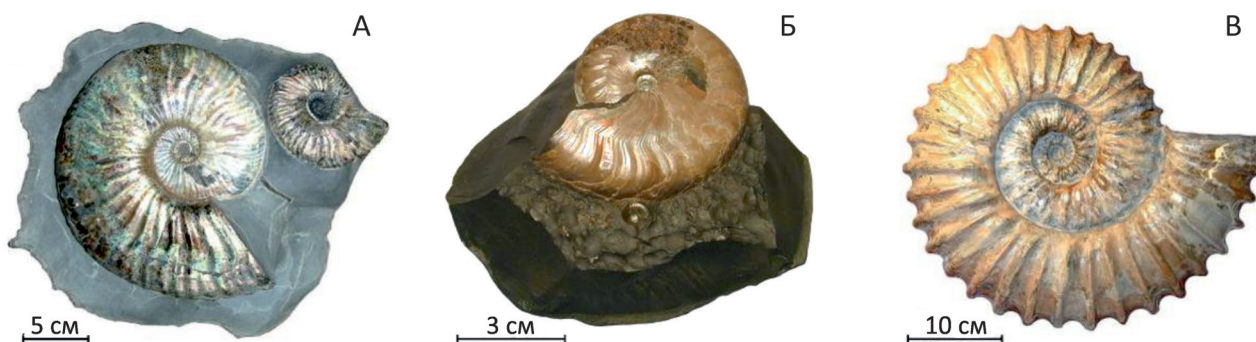


Рис. 4. Крупные аммониты рода *Deshayesites* s.l. (А), *Sinozvia* (Б) и *Cheloniceras* (В)

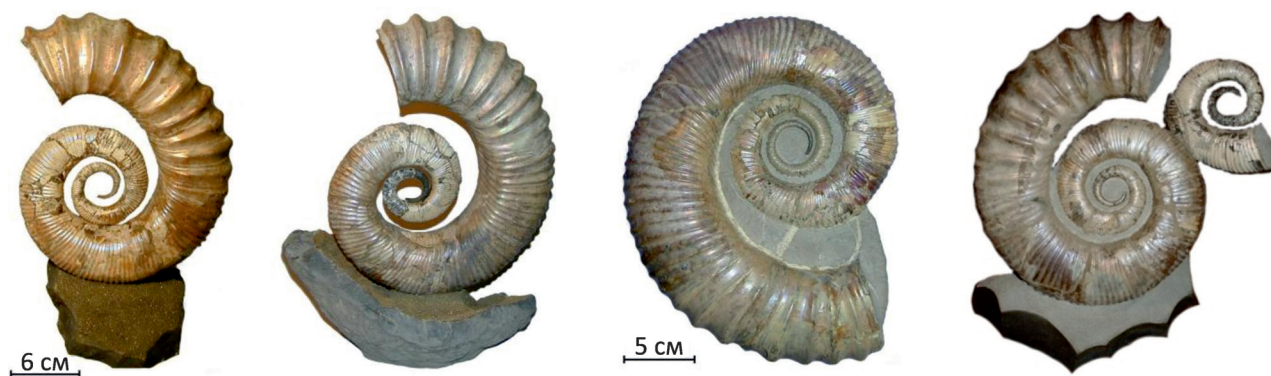
редкими и представляющие высокий коллекционный интерес (см. рисунки 5 и 6). Отдельные экземпляры могут достигать 80 см в диаметре. Кроме того, здесь обычны монофорфные аммониты *Deshayesites*, *Paradeshayesites*, *Obsoleticeras*, крайне редкие представители рода *Cheloniceras*. Уникальными являются находки наутилоидей рода *Cumatoceras*.

Методы исследований. Комплекс исследований аммонитов и включающих их конкреций проведён на кафедре минералогии и геммологии ФГБОУ ВО МГРИ–РГГРУ, в ФГБУ «ВИМС» и ФГБУН ИГЕМ (РАН). Он включал определение микротвёрдости, люминесценции, описание прозрачных шлифов, количественное определение химического, минерального составов и радиационных характеристик, электронно-зондовые исследования.

Количественное определение химического состава выполнено методом рентгеновского флуоресцентного анализа (РФА). Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом

(РКФА) на установке «X° Pertre PRO». Микротвёрдость определялась на микротвердомере «ПМТ-3» с нагрузкой весом 50 г и выдержкой 15 сек. Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Eickhorst» с $\lambda=250$ и 365 нм. Описание прозрачных шлифов выполнено с помощью микроскопа «Полам Р-112». Электронно-зондовые исследования проведены на микроанализаторе «Superprobe-8100», укомплектованном энерго-дисперсионной приставкой «Inca», позволяющей определять содержания элементов методом локального рентгеноспектрального анализа (ЛРСА), проводить анализ образцов в обратно-рассеянных электронах (ОРЭ) и характеристическом рентгеновском излучении (ХРИ). Испытание радиационных характеристик проведено в АСИЦ ВИМС.

Обсуждение результатов. По данным РКФА, раковины аммонитов состоят из (в мас.%): кальцита – 95, пирита – 2, кварца – 2 и арагонита – 1. Перегородки и стенки раковины сохраняют преимущественно исходный арагонитовый состав, содержание которого –

Рис. 5. Гетероморфные аммониты рода *Proaustraliceras*Рис. 6. Гетероморфные аммониты рода *Audouliceras*

96–98 мас.%. Фиксируются также кальцит, пирит, гипс (табл. 1). Аммониты аптского возраста в качестве ювелирно-поделочного материала интереса не представляют. Камеры раковин выполнены серым известняком, а перламутровый слой неустойчив и в ювелирных изделиях не сохраняется. В связи с этим геммологические характеристики аммонитов аптского возраста не определялись.

Коммерческий интерес в качестве ювелирно-поделочного материала представляют распилы конкреций с аммонитами, фрагмокон которых выполнен кальцитом (рис. 7). Они используются в интерьерах и для изготовления кабошонов. Конкреции с фрагментами аммонитов состоят из (в мас.%): кальцита – 95, арагонита – 1, кварца – 2, пирита – 1 и гематита <1 (см. табл. 1). Кальцит и арагонит определяют состав раковин аммонитов, а кальцит, кварц, пирит и гематит – состав известняка. По минеральному составу конкрецию можно отнести к известняку, что подтверждается её химическим составом (табл. 2). Содержания оксидов Na, Al, K, Ti и P связаны с минералами, не фиксируемыми РКФА.

Элементы-примеси присутствуют в небольшом количестве и преимущественно с низкими содержаниями.

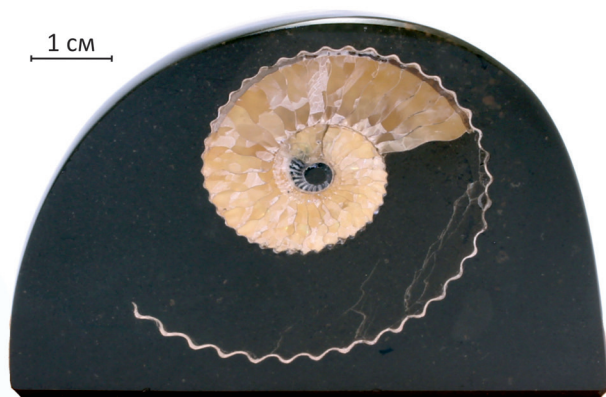


Рис. 7. Известковистая конкреция с аммонитом

1. Минеральный состав аммонитов и конкреции. По данным РКФА

№ образца	Характеристика	Минеральный состав	Содержание, мас. %
УА-1	Аммонит без вмещающей породы	Кальцит	95
		Пирит	2
		Кварц	2
		Арагонит	1
АП-1	Внешняя стенка аммонита	Арагонит	96
		Кальцит	3
		Пирит	1
АП-2	Внутренняя стенка аммонита	Арагонит	97
		Кальцит	2
		Пирит	1
		Гипс	<1
АП-3	Перегородки аммонита	Арагонит	98
		Кальцит	1
		Пирит	<1
АП-4	Конкреция с фрагментом аммонита	Кальцит	95
		Арагонит	1
		Кварц	2
		Пирит	1
		Гематит	<1

2. Химический состав конкреции с аммонитом. По данным РФА

№ образца	Содержание компонента, мас. %											
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	ППП
Ап-4	0,17	1,21	0,54	1,30	0,06	51,09	0,04	0,16	2,04	0,56	1,25	41,47

3. Содержание элементов-примесей в конкреции с аммонитом. По данным РФА

№ образца	Содержание элемента, мг/кг (×10 ⁻⁴ мас. %)												
	V	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Ba	U	Th	Y	Nb	Pb	As
Ап-4	20	13	15	13	11	542	225	<5	<5	5	4	<10	<10

Повышенные содержания фиксируются для (в мас. %): Sr – 0,05 и Ba – 0,02. Содержание канцерогенных и радиоактивных элементов близко к фоновым (табл. 3).

Результаты испытаний радиационных характеристик конкреций с аммонитами показали низкую удельную активность (в Бк/кг): ²²⁶Ra – 22, ²²⁸Ra ≤ 10, ²³⁴Ra ≤ 10, ²³²Th ≤ 10, ⁴⁰K ≤ 50, ¹³⁷Cs ≤ 4, A_{эфф} – 45. В соответствии с Приложением А ГОСТа 30108-94 к СП 2.6.1.2800-10 п. 4.5.1 «... изделия художественных промыслов и предметы интерьера из природного камня...» порода относится к I классу (A_{эфф} < 740 Бк/кг), позволяющему использовать её без ограничения.

Полированные поверхности конкреций от тёмно-серого до чёрного цветов. Для конкреций характерны прожилки кальцита белого и светло-жёлтого цветов. Рако-

вины аммонитов выполнены кальцитом светло-жёлтого цвета с бесцветными зонами. Кальцит жёлтых оттенков, просвечивающий до полупрозрачного. Зоны бесцветного кальцита от полупрозрачных до прозрачных (см. рисунки 7 и 8). Материал конкреций с аммонитами плотный, содержит небольшое количество пор. Микро-твёрдость известняка – 168 кг/мм², кальцита в раковинах аммонитов возрастает до 218 кг/мм². Люминесценция наблюдается в виде точек голубого цвета в известняке. Благодаря однородности материала и небольшому количеству пор, он хорошо полируется до стеклянного блеска. Аммониты, камеры фрагмента которых не полностью выполнены кальцитом, коммерческого интереса не представляют. Поэтому большое количество конкреций для использования не пригодно.

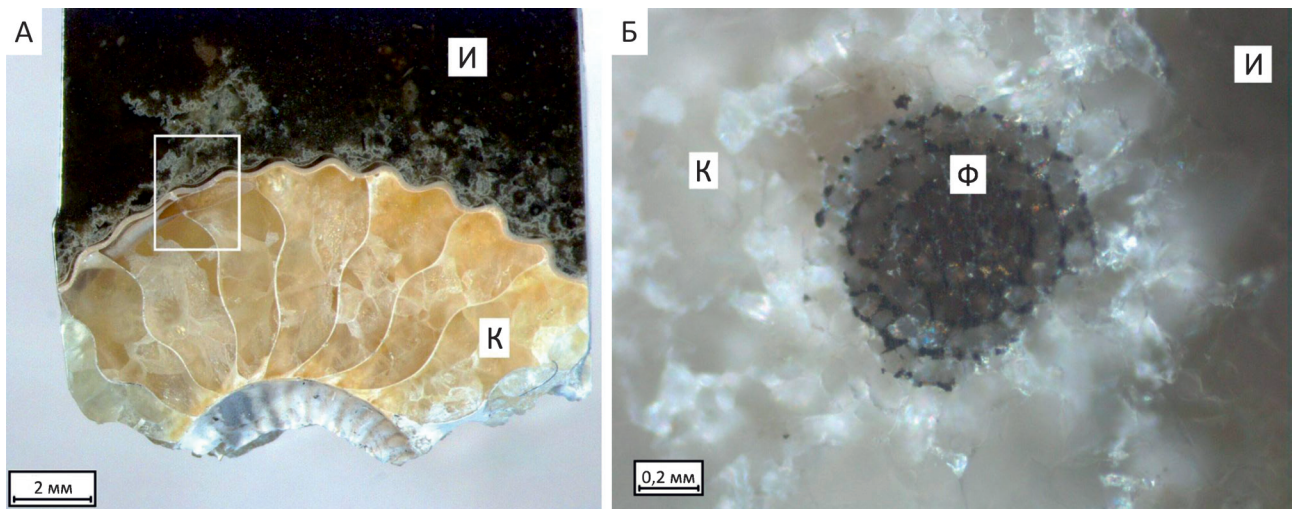


Рис. 8. Аншлиф конкреции с фрагмоконом аммонита (А) и деталь известняка с включением минерализованной раковины фораминиферы (Б):

И – известняк; К – кальцит; Ф – фораминифера; выделенный контур – участок изучения электронно-зондовым методом

В прозрачных шлифах (рис. 9) и электронно-зондовым методом исследован фрагмент конкреции с аммонитом (см. рис. 8, А). В обратнорассеянных электронах и характеристическом рентгеновском излучении отчетливо проявлены структурные элементы и химический состав конкреции (рис. 10, А, Б). Стенка аммонита толщиной около 0,17 мм и перегородка – около 0,05 мм сохранили исходный арагонитовый состав (см. рис. 9, Б–Г). В ОРЭ арагонит ровного серого цвета, содержит небольшое количество пор и микротрещин. Частичное разрушение стенки и перегородок раковины с замещением арагонита кальцитом и апатитом наблюдается преимущественно во внешних зонах (см. рис. 10, Г, Е). По данным локального рентгеноспектрального анализа, арагонит стенки аммонита не содержит элементов-примесей, а в перегородке фиксируется содержание Na – 0,31–0,39 мас. %.

Кальцит, выполняющий камеры фрагмокона аммонита, светло-желтого цвета, просвечивающий до полупрозрачного, с прозрачными бесцветными зонами (см. рис. 8, А). Кристаллы преимущественно изометричной формы с неровным сложным контуром, разноориентированы, размером 0,05–1 мм. Структура гранобластовая (см. рис. 9, А–Г). Крупные кристаллы имеют как ровное, так и волнистое угасание, обусловленное срастанием групп мелких кристаллов (см. рис. 9, Г).

В ряде камер вдоль стенки аммонита расположен слой мелких удлиненных кристаллов размером около 0,15 мм по длинной оси. Центральные части таких камер выполнены крупными кристаллами (см. рис. 9, В). Кристаллы кальцита плотно сросшиеся, количество пор

и микровключений невелико. В ОРЭ кальцит однородного серого цвета (см. рис. 10). Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания (в мас. %): Mg – 0,23–0,72, Mn – 0,00–0,37 и Fe – 2,17–4,30 (табл. 4). При высоких содержаниях Fe уменьшается содержание Ca, отсутствие Mn не влияет на содержание других элементов.

В одной из камер аммонита фиксируется косой срез сифона аммонита эллипсовидной формы размером 3×0,6×0,07 мм, выполненный апатитом (см. рис. 10, А). Апатит, по данным ЛРСА, относится к гидроксипатиту с повышенным содержанием F до 0,32 мас. %, фиксируются также Mg, Na, S и Fe. Повышенные содержания S и Fe могут быть связаны с микровключениями пирита. Апатит присутствует в виде микронных выделений, образующих сплошные зоны. Он активно разрушается вдоль контактов с образованием пор размером до 40 мкм. С другой стороны наблюдается замещение им кальцита (см. рис. 10, Д). Сифон был сцементирован кальцитом, а исходный арагонит стенки замещен апатитом в процессе диагенеза.

Известняк состоит преимущественно из кальцита с включениями минерализованных мелких раковин фораминифер и обладает структурой мадстоун-вакстоун. При параллельных николях известняк имеет пятнистую окраску, связанную с мелкими биотурбациями, от светло-серой до серовато-коричневой. Светло-серые зоны выполнены более крупными кристаллами кальцита преимущественно от 0,01 до 0,05 мм (см. рис. 9, Б). В отдельных фрагментах размер кристаллов возрастает до 0,1 мм. В зонах серовато-коричневого цвета размер

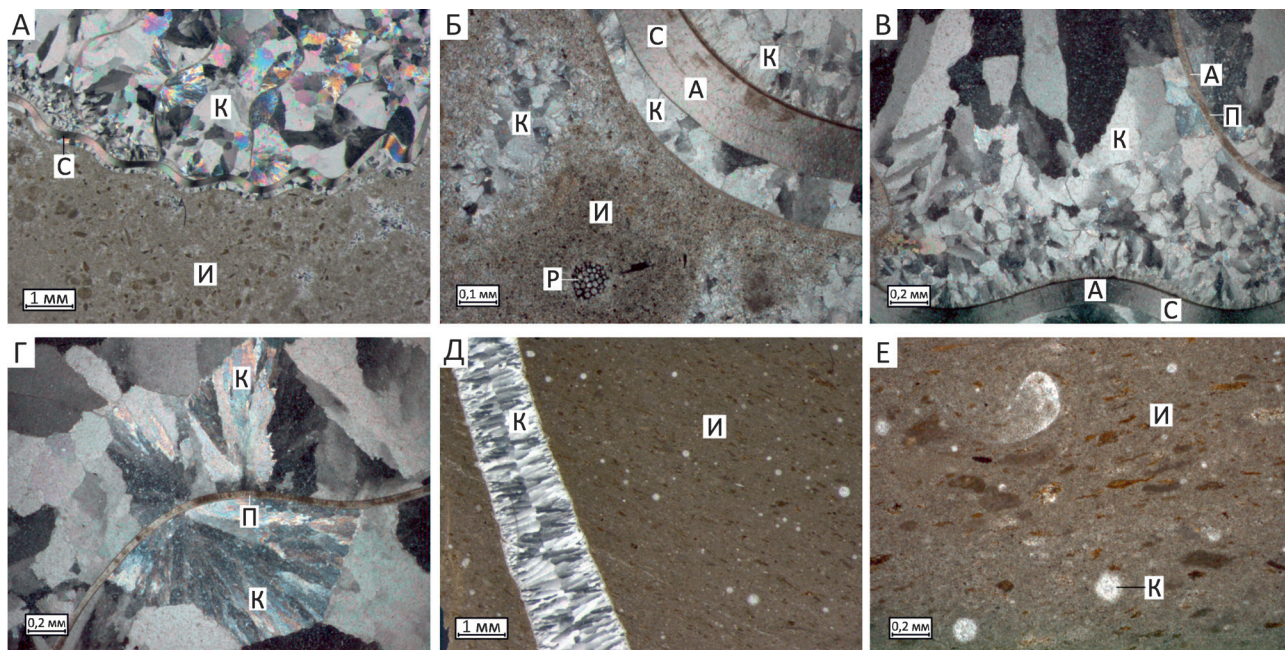


Рис. 9. Прозрачные шлифы конкреции с включением аммонита (А–Е), николи – Х:

фрагменты: А, Б – аммонита в известковой конкреции, В, Г – аммонита, камеры которого выполнены кальцитом, а стенки и перегородки – арагонитом, Д – известняка конкреции с прожилками кальцита, Е – известняка конкреции с округлыми выделениями кальцита; И – известняк; С – стенки и П – перегородки аммонита; К – кальцит; А – арагонит; Р – радиолярия, минерализованная кальцитом и апатитом

кристаллов менее 0,01 мм. Кварц отмечен в виде микронных включений.

В известняке конкреций присутствует небольшое количество мелких кальцитовых прожилков. Изученный прожилок шириной около 1,5 мм, выполнен друзовым кальцитом от просвечивающего светло-жёлтого цвета до бесцветного полупрозрачного. Он имеет симметричное относительно стенок строение, что указывает на одновременный рост кристаллов от противоположных стенок. Их соединение происходит приблизительно по центру прожилка (см. рис. 9, Д). Первоначально формировался слой мелких призматических кристаллов размером от 0,05 до 0,15 мм по длинной оси. На этот слой затем нарастал слой более крупных сильно удлинённых (коэффициенты удлинения около 5) призматических кристаллов, которые полностью заполнили пространство трещины. Кристаллы плотно сросшиеся, близкой ориентировки, их размер преимущественно от 0,1 до 0,6 мм. Количество пор невелико. Контакты кальцита, выполняющего прожилок, с известняком чёткие, ровные. Метасоматические изменения в известняке не наблюдаются.

В известняке присутствуют редкие включения пирита и гематита изометричной и вытянутой формы,

размером преимущественно 0,02–0,06 мм. По данным ЛРСА, в пирите не фиксируются элементы-примеси. Гематит, замеченный в небольших количествах РКФА (см. табл. 1), связан с окислением пирита и сохраняет форму его кристаллов.

Раковины фораминифер и радиолярий в известняке размером около 0,1 мм, округлой формы (см. рис. 8, Б и 9, Б). Они выполнены кальцитом, а стенки апатитом. Раковины окружены сферическим слоем кристаллов кальцита, более крупных и, соответственно, более светлых, чем в известняке.

В ОРЭ известняк преимущественно однородного серого цвета с более тёмными включениями (см. рис. 10, А, В). По химическому составу кальцит известняка близок кальциту, выполняющему камеры аммонита (см. табл. 4). Кальцит тёмно-серого цвета в ОРЭ (см. рис. 10, В) и коричневатого-серого в образце, из элементов-примесей содержит только Mg – от 0,84 до 1,03 мас.% (см. табл. 4). Он развивается в зонах микротрещиноватости в виде пятнистых выделений размером от 5 до 50 мкм. В этих зонах фиксируются микронные выделения пирита. Таким образом, он более поздний и образуется в процессе перекристаллизации основного кальцита, образовавшего конкрецию. В процессе

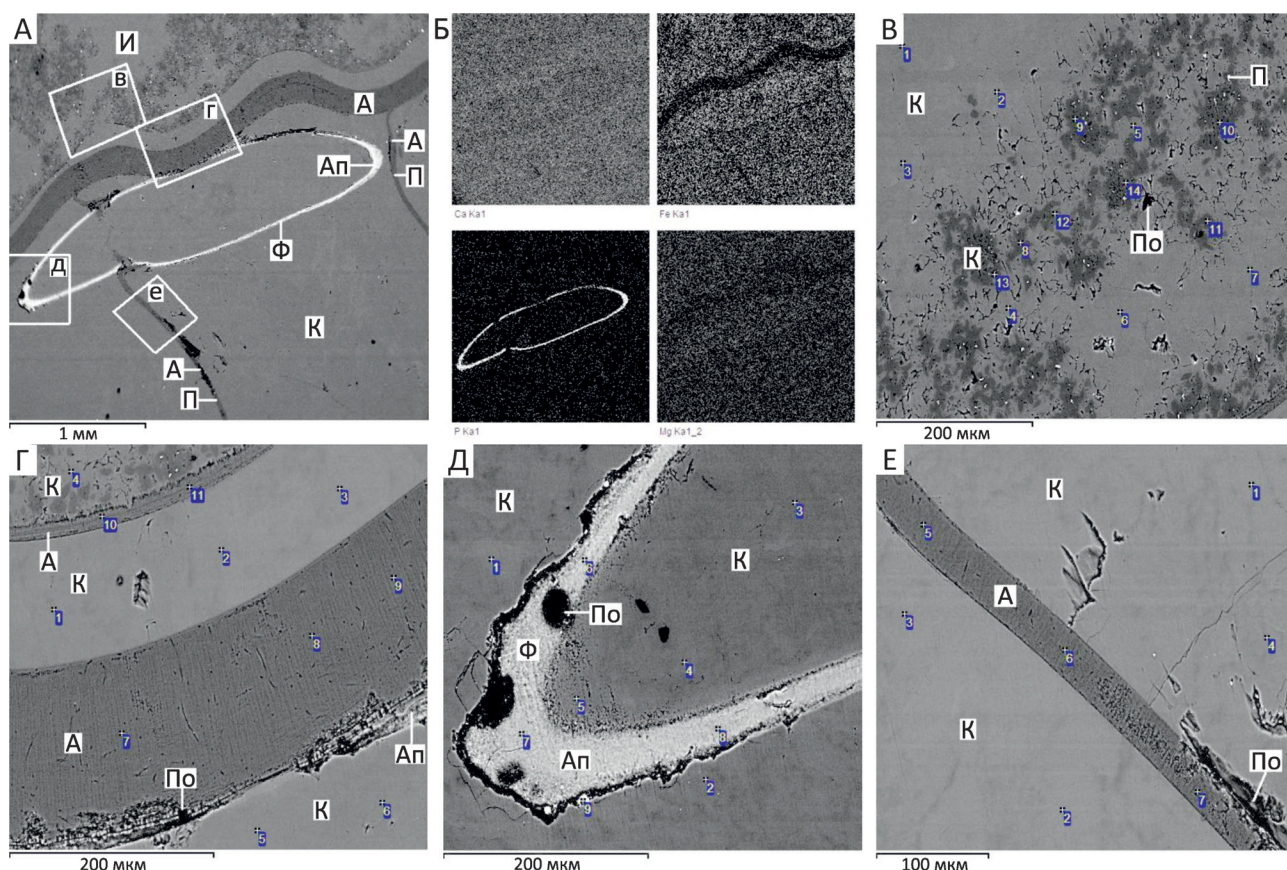


Рис. 10. Конкреция с фрагментом аммонита в ОРЭ (А) и ХРИ (Б) с фрагментами детализации (В–Е):

С – стенки и П – перегородки аммонита, выполненные арагонитом; Ф – фрагмент сифона, выполненный апатитом; И – известняк; К – кальцит; А – арагонит; Ап – апатит; П – пирит; По – поры; 1–14 – номер спектра, выделенные контуры – участки детализации

перекристаллизации кальцита происходит вынос Mn, Fe и образование микропор. Fe аккумулируется в пирите.

По представленным материалам можно сделать следующие выводы. На российский и мировой рынки по-

ступают уникальные коллекционные и интерьерные аммониты из нижнего апта Ульяновской области. В последние годы они стали использоваться в ювелирных изделиях и для изготовления сувениров. Аммониты

4. Химический состав кальцита в камерах аммонита и известняке. По данным ЛРСА

Характеристика фрагмента	Содержание элемента, мас. %				
	Mg	Mn	Fe	Ca	O
Камеры аммонита (14)	<u>0,23–0,72</u> 0,42	<u>0,00–0,43</u> 0,23	<u>2,10–4,30</u> 2,85	<u>34,38–37,26</u> 35,90	<u>15,31–16,91</u> 15,62
Известняк чёрного цвета (8)	<u>0,43–0,73</u> 0,59	<u>0,23–0,42</u> 0,31	<u>3,33–3,99</u> 3,6	<u>33,31–34,81</u> 34,10	<u>14,70–15,45</u> 15,12
Известняк коричневого цвета (4)	<u>0,84–1,03</u> 0,95	<u>0,00</u> 0,00	<u>0,00</u> 0,00	<u>36,57–37,79</u> 36,91	<u>15,49–16,44</u> 15,83

Примечание. В скобках – число спектров; в числителе – крайние, а в знаменателе – средние значения.

коммерческого качества присутствуют в уплотнённых известковистых конкрециях, залегающих в тёмно-серых глинах верхней части разреза. Аммониты представлены большим количеством родов, имеющих номорфные и гетероморфные раковины.

Аммониты состоят из кальцита (до 95 мас.%) с небольшим количеством пирита, кварца и арагонита. Перегородки и стенки раковин сохраняют преимущественно исходный арагонитовый состав. В них также фиксируются кальцит, пирит и гипс. Аммониты ювелирно-поделочного интереса не представляют и используются как коллекционные и интерьерные образцы.

В качестве ювелирно-поделочного материала используются распилы конкреций с включениями аммонитов. По минеральному составу они относятся к известняку и состоят из кальцита (около 95 мас.%) с небольшим количеством арагонита, кварца, пирита, гематита и апатита. Кальцит и арагонит определяют минеральный состав аммонитов. Стенки и перегородки аммонитов сохранили преимущественно исходный арагонитовый состав.

Материал конкреций с фрагментами аммонитов содержит небольшое количество пор и трещин, плотный, с однородной твёрдостью, легко полируется до стеклянного блеска. Содержание экологически вредных и радиоактивных элементов в нём не превышает допустимые нормы. Конкреции с включениями аммонитов из отложений апта по декоративным и технологическим характеристикам могут широко использоваться в ювелирных изделиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабошкин Е.Ю. Палеогеография Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления в раннем мелу. Серия аналитических обзоров «Очерки по региональной геологии России». Вып. 1. – М.: Изд-во Геокарт-ГЕОС, 2005. С. 201–232.
2. Барабошкин Е.Ю., Михайлова И.А. Новая стратиграфическая схема нижнего апта Среднего Поволжья // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 10. 2002. № 6. С. 82–105.
3. Буканов В.В. Цветные камни. Энциклопедия. – С.-Пб., 2008.
4. Петроченков Д.А. Камнесамоцветное сырьё Ульяновской области // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2006. № 5. С. 319–323.
5. Петроченков Д.А. Септарии Ульяновской области как поделочно-ювелирный материал // Сб. докладов VIII Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» Т. 4. – М., 2007. С. 149–152.
6. Петроченков Д.А., Ружицкий В.В. Минералогические особенности ювелирного пирита из меловых отложений Ульяновской области // Разведка и охрана недр. 2018. № 4. С. 7–12.
7. Стеньшин И.М., Барабошкин Е.Ю. О находке *Dufrenoyia furcata* (J. de C. Sowerby) (Deshayesitidae, Ammonoidea) в Ульяновском Поволжье // Современные проблемы изучения головоногих моллюсков. Морфология, систематика, эволюция, экология и биостратиграфия. – М.: ПИН РАН, 2015. С. 112–114.
8. Mychaluk K., Zevinson A., Russelle H. Ammolite: Iridescent fossilized ammonite from Southern Alberta, Canada // *Gems & Gemology*. 2001. Vol. XXXVII. P. 4–25.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Плата с авторов за публикацию (в том числе с аспирантов) не взимается. Гонорар не выплачивается. Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на ее опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет».

Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или намеченных к публикациям в других изданиях, не допускается.

По всем вопросам, связанными со статьями, следует обращаться в редакцию по тел. +7 (495)315-28-47, E-mail: ogeo@tsnigri.ru

Адрес редакции: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1

IX международная научно-практическая конференция

«Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов»

17–19 апреля 2019 года, Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ»

Цель конференции:

развитие научно-методических основ прогноза, поисков и оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов (АБЦМ), определение направлений работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы АБЦМ.

Тематика конференции:

- минерагения АБЦМ;
- приоритетные направления прогнозных и поисковых работ на АБЦМ;
- актуальные вопросы лицензирования недр;
- перспективные объекты для постановки геологоразведочных работ на АБЦМ различных стадий;
- опыт проведения и результаты геолого-разведочных работ на объектах АБЦМ разной степени изученности, в том числе, на участках, подлежащих лицензированию по «заявительному принципу»;
- научно-методические основы комплексирования геологических, геохимических, геофизических методов прогноза, поисков и оценки месторождений АБЦМ;
- использование комплексных моделей месторождений для целей прогноза, поисков, оценки и разведки АБЦМ;
- разработка и реализация инновационных методов, методик и технологий ГРП на АБЦМ.

ФГБУ «ЦНИГРИ» приглашает представителей территориальных органов Роснедр, геологоразведочных предприятий, компаний недропользователей, научно-исследовательских отраслевых, академических институтов и ВУЗов принять участие в IX Международной научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов». Конференция будет проходить 17–19 апреля 2019 года в ФГБУ «ЦНИГРИ» (г. Москва).

Программа конференции:

В рамках конференции состоятся заседания пленарной и тематических секций:

- Секция благородных металлов
- Секция цветных металлов
- Секция алмазов
- Круглый стол «Проведение ГРП по «заявительному принципу»: опыт, состояние, перспективы» с участием представителей подразделений Роснедра, экспертов инвестиционных компаний и недропользователей.

Регистрация и приём тезисов:

*Регистрация участников и приём тезисов
проводится с 17 января до 15 марта 2019 года
на сайте <http://conf.tsnigri.ru/>*

Полевая экскурсия:

Программа конференции включает полевую экскурсию «Металлогения Рудного Алтая», которая пройдет с 20 по 25 апреля. Предварительная информация об условиях, стоимости и расписании экскурсии размещена на сайте конференции <http://conf.tsnigri.ru/>.

Место проведения конференции:

117545, Москва, Варшавское шоссе, дом 129, корп. 1, ФГБУ «ЦНИГРИ».

Контакты:

Третьякова Ирина Геннадьевна

телефон: (495)315-28-10

e-mail: conference@tsnigri.ru

*Подробная информация размещена на сайте
<http://conf.tsnigri.ru/>*



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

В МОСКВЕ СОСТОИТСЯ ВЫСТАВКА «НЕДРА 2019. ИЗУЧЕНИЕ. РАЗВЕДКА. ДОБЫЧА»

1–2 апреля 2019 года в Российском государственном геологоразведочном университете им. Серго Орджоникидзе (Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23) состоится ежегодная выставка «Недра 2019. Изучение. Разведка. Добыча».

Организаторами Выставки выступают Федеральное агентство по недропользованию и Российское геологическое общество при поддержке Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и активном участии подведомственных организаций Роснедр и ректората МГРИ.

Среди новых направлений, представленных на выставке «Недра-2019», – развитие заявительного принципа предоставления участков недр для геологического изучения и презентация стендов юниорных компаний. Выставка покажет инвестиционный потенциал юниорных геологоразведочных компаний и познакомит с ключевыми проектами и возможностями ведущих компаний-недропользователей.

В рамках деловой программы выставки «Недра 2019. Изучение. Разведка. Добыча» запланированы пленарное заседание, тематические научно-практические и презентационные сессии, мастер-классы и круглые столы по актуальным вопросам недропользования, инвестиций, перспективам развития отрасли, месту и роли добывающих и геологоразведочных компаний, встречи с представителями органов власти.

Темы научных сессий:

- Развитие заявительного принципа предоставления участков недр для геологического изучения и юниорного движения: зарубежный опыт, перспективы и риски;
- Региональное геологическое изучение недр как основа воспроизводства минерально-сырьевой базы государства;
- Инновационные технологии поисков и освоения месторождений ТПИ;
- Инновационные технологии и информационное обеспечение геологоразведочных работ на нефть и газ;
- Актуальные вопросы и перспективы развития гидрогеологических и инженерно-геологических исследований;
- Цифровая трансформация недропользования. Взаимодействие правообладателей и потребителей геологической информации о недрах;
- Подготовка кадров – важное звено в стабильной работе отрасли.

<http://www.rosnedra.gov.ru/article/10506.html>