

УДК 553.411

Александров В.В.¹, Рыльков С.А.², Кокорин Н.П.²,
Зубков А.И.¹, Кривко Т.Н.¹ (1 — ОАО «УГСЭ», 2 —
Уралнедра)

НОВЫЕ ЗОЛОТОРУДНЫЕ ОБЪЕКТЫ В СТАРОМ ГОРНОРУДНОМ РАЙОНЕ СРЕДНЕГО УРАЛА

*Представленные материалы характеризуют новые золоторудные объекты, выявленные в пределах Долгомысовского золоторудного узла, входящего в состав Вилуйской площади на Среднем Урале. Показаны особенности геологического строения потенциальных месторождений, охарактеризованы метасоматические преобразования рудоносных пород и вещественный состав рудной минерализации. Рассмотрены особенности методического подхода к изучению Долгомысовского золоторудного узла, благодаря которым выявлены новые золоторудные объекты. Сделан вывод о высоком и не до конца раскрытом металлогеническом потенциале известных золоторудных узлов Урала. **Ключевые слова:** золотое оруденение, прогнозные ресурсы, новое потенциальное месторождение, плагиогранит-порфиры, метасоматиты кварц-серичитовой формации, сульфиды, теллуриды, самородное золото, стадии оруденения, поисковые критерии.*

Aleksandrov V.V.¹, Rylkov S.A.², Kokorin N.P.², Zubkov A.I.¹,
Krivko T.N.¹ (1 — UGSE, 2 — Uralnedra)

NEW GOLD ORE OBJECTS IN THE OLD MINING REGION OF THE MIDDLE URALS

*The presented materials characterize the new gold ore objects discovered within the Dolgomysovsky gold ore complex that is part of the Vilyuiskaya area in the Middle Urals. The features of the geological structure of potential deposits are characterized by metasomatic transformations of ore-bearing rocks and the material composition of ore mineralization. The peculiarities of the methodical approach to the study of the Dolgomysovsky gold ore node, which led to the identification of new gold ore objects, are considered. Concluded that the metallogenic potential of known gold ore assemblages in the Urals is high and not fully revealed. **Keywords:** ore-grade gold mineralization, inferred resources, new potential mineral deposit, plagiogranite-porphyrates, metasomatites of quartz-sericitic formation, sulfides, tellurides, free gold, stages of ore grade mineralization, search criteria.*

Урал является старейшей золотодобывающей провинцией Российской Федерации с длительной историей изучения и эксплуатации золоторудных месторождений. Несмотря на это в регионе остается значительный потенциал обнаружения новых золоторудных объектов, который в первую очередь связан с уже из-

вестными золоторудными узлами. Для успешной реализации поисковых работ в таких районах, где уже неоднократно проводились работы на золото, требуются новые оптимальные методические подходы, которые позволили бы наиболее рационально решать такие задачи. На примере Вилуйской площади показано эффективное применение методики поисковых работ, которые привели к выявлению новых золоторудных объектов в пределах Долгомысовского золоторудного узла.

В 2015–2017 гг. ОАО «Уральская геологосъемочная экспедиция» в пределах Вилуйской площади (Свердловская область) были проведены поисковые работы на рудное золото и золотоносные коры выветривания. Работы проводились под титулом АО «Росгеология» за счет госбюджета. Основная цель работ — оценка перспектив на выявление золоторудных объектов золото-сульфидно-кварцевого типа в минерализованных зонах и линейных штокверках, а также золотоносных химических кор выветривания; локализация и оценка прогнозных ресурсов. В результате проведенных поисковых работ в пределах площади были оценены прогнозные ресурсы золота кат. P₁ и P₂, апробированные в ФГУП «ЦНИГРИ» и составившие в сумме 150 т, из которых 93 т связаны с окисленными рудами в коре химического выветривания и 57 т — с первичными золото-кварц-сульфидными рудами.

Вилуйская площадь находится в старом известном Нижнетагильском горнорудном районе и полностью включает в себя Долгомысовский рудный узел, в пределах которого к началу работ было известно несколько мелких месторождений, ряд рудопроявлений и значительное количество точек минерализации.

Старательская добыча коренного золота в пределах рудного узла началась в конце XIX в. Тогда отрабатывались кварцевые жилы и золотоносные коры выветривания в пределах рудного поля месторождения Долгий Мыс. В начале XX в. были найдены и в незначительных масштабах отрабатывались месторождения Богатиха и Сталинское. Первые системные работы на рудное золото начались с 1930-х годов, когда трестом Уралзолото были проведены поиски, разведка и пробная эксплуатация по кварцевым жилам и сланцевым зонам месторождения Долгий Мыс, а также по минерализованным дайкам и кварцевым жилам месторождений Богатиха и Сталинское. Позже в 1945–1950-х годах было обнаружено и разведано мелкое по масштабам Вилуйское золото-кварцевое месторождение, расположенное в северном эндоконтакте одноименного диорит-гранодиоритового массива.

На территории участка Березовый Лог первые поиски рудного золота были проведены в 1960-х годах. Параллельно с разведкой месторождения Долгий Мыс был опоискован и его восточный фланг, где располо-

жен участок Березовый Лог. Тем не менее, значимого золотого оруденения работами тех лет выявлено не было, обнаружены были только единичные пункты золотой минерализации. Отсутствие промышленной результативности этих работ, по-видимому, объясняется избирательным опробованием. Работы были нацелены на поиски оруденения аналогичного месторождению Долгий Мыс, которое представлено сульфидизированными углеродистыми сланцами и корами выветривания по ним. Поэтому коры выветривания по гранитоидам работами тех лет не опробовались.

Первые достоверные сведения по рудной золотоносности в пределах участка были получены В.В. Ведерниковым в ходе геологического доизучения масштаба 1:50 000, проведенного в первой половине 1980-х годов. При проходке структурных скважин было выявлено рудопроявление Южно-Вилуйское, представленное слепым телом гранит-порфиров, содержащим золоторудную минерализацию.

Позже были поставлены поисковые работы под руководством Б.Н. Черданцева. В результате было выявлено рудопроявление Восточно-Долгомысовское и несколько точек минерализаций с уровнем содержания золота 0,3–3,0 г/т, а также по падению было прослежено рудопроявление Южно-Вилуйское.

В дальнейшем и до настоящего времени поисковые работы на рудное золото в пределах участка Березовый Лог больше не проводились. В 1990-х годах в пределах участка В.Г. Осинцевым были проведены поисковые и разведочные работы на россыпное золото. Попутное опробование коры выветривания в скважинах выявило ряд точек минерализаций с содержанием золота уровня 0,3–5,0 г/т. Кроме того, были выявлены шлиховые ореолы золота рудного облика в корях выветривания и геохимические аномалии. Таким образом, к началу настоящих поисковых работ было известно два разрозненных рудопроявления и ряд точек минерализаций.

Поисковыми работами 2015–2017 гг. на участке Березовый Лог установлены четыре рудные зоны, в пределах которых локализовано около 11 рудных тел, на участке Ключик — в двух минерализованных зонах оконтурировано несколько рудных тел.

В структурно-тектоническом отношении Вилуйская площадь распо-

ложена в пределах Восточно-Уральской мегазоны в непосредственной близости от границы с Тагильской мегазоной. Граница между мегазонами представлена шовной зоной системы Серовско-Маукского разлома, которая сложена в западной части площади серпентинитами серовского комплекса ($O_{1-2}sr$). Серпентиниты прорваны Вилуйским интрузивным массивом диоритов и гранодиоритов петрокаменского комплекса (D_1p). Восточная часть площади, вмещающая основные золоторудные объекты, сложена рассланцованными и метаморфизованными породами ромахинской

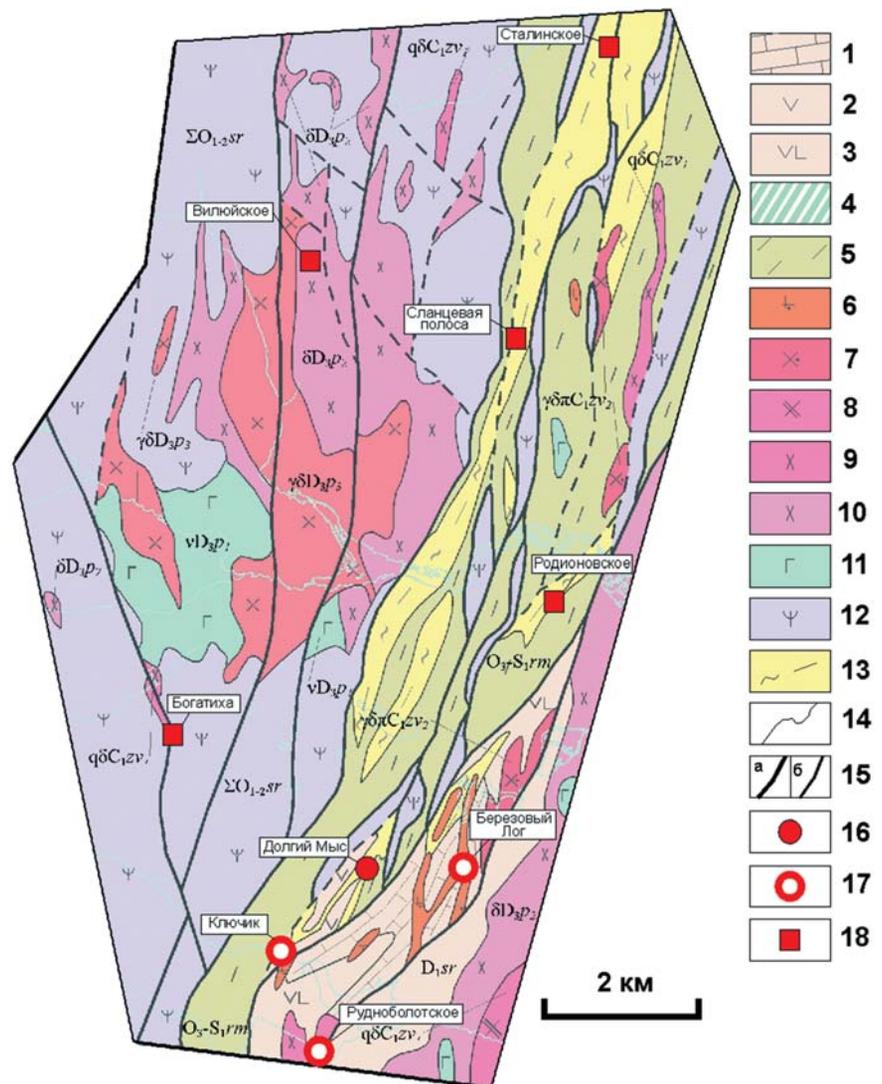


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Вилуйской площади с расположением в ее пределах золоторудных объектов: шуралинская свита (D_1sr): 1 — мраморизованные известняки, 2 — андезиты и их туфы, 3 — андезибазальты и их туфы, 4 — субвулканические долериты; ромахинская толща (O_3-S_1rm): 5 — рассланцованные метавулканики, метаморфические сланцы; западноверхисетский интрузивный комплекс тоналит-плагиогранитовый (C_1zv): 6 — плагиогранит-порфиры, 7 — гранодиорит-порфиры, 8 — тоналиты; 9 — диориты, кварцевые диориты; петрокаменский комплекс габбро-гранитовый (D_3p): 10 — диориты, кварцевые диориты, 11 — габбро; серовский комплекс дунит-гарцбургитовый ($O_{1-2}sr$): 12 — серпентиниты; 13 — сланцы метаморфогенно-метасоматические преимущественно хлорит-серицит-кварцевого состава; 14 — геологические границы; 15 — тектонические нарушения главные (а) и второстепенные (б); 16 — эксплуатирующиеся в современное время золоторудные месторождения; 17 — потенциальные золоторудные месторождения, выявленные работами ОАО «УГСЭ»; 18 — мелкие месторождения и рудопроявления золота

толщи (O_3-S_1rm) и вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами шуралинской свиты (D_1sr).

С востока они ограничиваются диоритами Краснопольского массива петрокаменского комплекса (D_1p). Разрез шуралинской свиты представлен андезибазальтами, андезитами, дацитами, а также их туфами, туфопесчаниками и туфоалевролитами. Нередко отмечаются полосы сланцев кварц-серицитового, кварц-хлорит-серицитового, реже кварц-хлоритового и углеродисто-кварц-хлоритового состава. Особенностью геологического строения юго-восточной части площади является широкое распространение известняков, также относящихся к шуралинской свите. Известняки в разной степени мраморизованы, нередко полосчатые и содержат углеродистое вещество. Среди вулканитов и известняков отмечаются тела порфировых субвулканитов среднекислого и кислого состава. Из плутонических и гипабиссальных образований достаточно широкое развитие получили небольшие тела и дайки диоритов и габбро петрокаменского комплекса (D_3p), порфиридных диоритов, кварцевых диоритов и тоналитов первой фазы западноверхисетского комплекса (C_1zv) и гранодиорит-порфиров и плагиогранит-порфиров второй фазы того же комплекса (рис. 1). Поисковая оценка выявленных золоторудных зон горнопроходческими работами и поисковым бурением установила, что золотое оруденение площади пространственно тяготеет к интрузивным породам западноверхисетского комплекса.

Первые работы на рудное золото в пределах участка Ключик были проведены в 1949–1955-х годах. Первоначально Уралзолото (С.П. Духнин) вело разведочные работы по золотосодержащей россыпи р. Режик 3-й, разрабатывавшейся ранее старателями. В ходе этих работ выяснилось, что в голове россыпи имеются следы старательских работ на рудное золото. В дальнейшем в рамках этих работ выявленное рудопроявление было оценено горными выработками и небольшим объемом буровых скважин. По С.П. Духнину рудопроявление Ключик приурочено к сильно рассланцованной зоне шириной до 100 м, которая в современном рельефе представляет некоторое понижение, переходящее южнее в котловину Рудного болота. Работы С.П. Духнина были признаны неэффективными и были досрочно свернуты, вследствие чего около 70 % отобранных проб на золото не были проанализированы. Основанием для прекращения работ послужил низкий уровень содержания золота в рудах, не отвечающий условиям тех лет.

В первой половине 1960-х годов территория участков Ключик и Березовый Лог была охвачена поисками при работах, проводимых на флангах золоторудного месторождения Долгий Мыс (А.П. Пономарев, Б.Н. Леготкин). В северной части участка пройдено несколько линий горных работ. В результате проходки канав и шурфов было выявлено несколько точек золоторудной минерализации. В пределах самого рудопроявления Ключик было пройдено несколько колонковых скважин глубиной до 300 м. В скважинах в ряде

проб были получены повышенные и высокие содержания золота, но, тем не менее, кондиционных золоторудных пересечений выявить не удалось. На наш взгляд отрицательный результат тех работ кроется в неправильной стратегии и в несовершенстве методики, применявшейся в работах тех лет. Целесообразнее было бы сначала разобраться с оруденением в зоне коры выветривания, а затем пересекать его на глубине в коренных породах. Кроме того, опробование скважин было выборочным только там, где были рассланцованные метасоматиты кварц-серицитового и углеродисто-кварц-серицитового состава с сульфидной вкрапленностью, похожие на руды месторождения Долгий Мыс. В то же время скважинами были пересечены тела диоритов и гранодиорит-порфиров, интенсивно метасоматически преобразованных (окварцевание, серицитизация, карбонатизация) с кварцевыми прожилками и сульфидной вкрапленностью. Единичные пробы, отобранные в краевых частях интрузивных тел, содержат повышенные содержания золота до первых г/т.

Позже площадь участка Ключик вошла в состав поисковых работ на рудное золото в 1985–1988 гг., проводимых под руководством Б.Н. Черданцева. Рудоносная зона рудопроявления Ключик была пересечена в средней ее части одним субширотным профилем мелкометражных скважин и двумя поисковыми скважинами.

В результате проведенных детализационных ГРП наиболее результативными стали участки Березовый Лог и Ключик, в пределах которых оценен основной объем прогнозных ресурсов кат. P_1 .

Участок Березовый Лог имеет усредненные размеры $5,0 \times 1,9$ км, находится в юго-восточной части площади, в пределах распространения вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород шуралинской свиты (D_1sr). С запада участок ограничивается тектоническим нарушением северо-восточного простирания и развитыми за ним рассланцованными породами ромашинской толщи (O_3-S_1rm). С востока участок ограничивается диоритами Краснопольского массива петрокаменского комплекса (D_1p). В пределах данного участка установлены четыре рудные зоны. В них выявлено более 80 кондиционных рудных пересечений, которые объединяются в 11 основных рудных тел. Горными выработками и поисковыми скважинами рудные тела прослежены как в корах выветривания, так и в коренных породах до глубины 200 м. Все рудные тела приурочены к системам вытянутых в виде нескольких полос порфировых и порфиридных интрузивных пород — тоналитов, плагиогранит-порфиров, гранодиорит-порфиров (рис. 2). Вмещающими для рудоносных интрузивных тел в большинстве случаев являются мраморизованные известняки, реже вулканиты и сланцы. В пределах рудных тел интрузивные породы катаклазированы, интенсивно метасоматически преобразованы, содержат прожилково-вкрапленную золотосульфидно-кварцевую минерализацию.

Особенности метасоматических изменений рудоносных зон и их минеральный состав были изучены в

1000 шлифах, отобранных из золотоносных минерализованных пород. Вещественный состав золоторудной минерализации охарактеризован по результатам минералогических исследований 300 аншлифов. Заверка определений минералов выполнена на электронном

растровом микроскопе (выполнено в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН). В результате исследований было установлено, что в минерализованных породах рудных тел развиты преимущественно метасоматические процессы кварц-серицитовой формации. По периферии и реже в центральной части объекта отмечаются зоны аргиллизации и пропилитизации. В таких зонах содержания золота в большинстве случаев резко падают и не достигают кондиционных.

Серицит-кварцевые метасоматиты характеризуются образованием минеральной ассоциации кварц + серицит + хлорит (клинохлор) + карбонат (кальцит) + сульфиды. Степень метасоматических преобразований в пределах рудных тел неоднородная, часто наблюдается чередование метасоматитов слабо- и среднеизмененных с сохранившимися реликтами первичных структур пород и метасоматитов, вплоть до почти кварцитовидного состояния, полностью лишенных первичных структур.

На рис. 3 приведены фотографии минерализованных плаггиогранит-порфиров с разной степенью наложенных метасоматических изменений. Как видно из фотографий, во внешней зоне метасоматитов отчетливо видна первичная структура пород, здесь отмечается только хлоритизация и частичная серицитизация альбита. В средней зоне первичная порфировая структура еще видна, но уже затуманена сильной серицитизацией. Во внутренней зоне метасоматитов в результате интенсивной серицитизации и окварцевания первичная порфировая структура исчезает за счет полного замещения хлоритизированных темноцветных минералов и альбита.

Сульфидная минерализация в рудоносных породах присутствует в количестве 0,5–4 %. Распределение сульфидов неравномерное, в виде гнезд, вкрапленность которых контролируется системой трещиноватости за счет катаклазированнойности пород. Гнезда сульфидов имеют линзовидную или изометричную форму и в размерах достигают 5–7 см. В табл. 1 приведены рудные минералы, которые были обнаружены в рудных телах участка Березовый Лог.

Золото в рудоносных породах представлено свободной самородной формой и характеризуется крайне неравномерным распределением в минера-

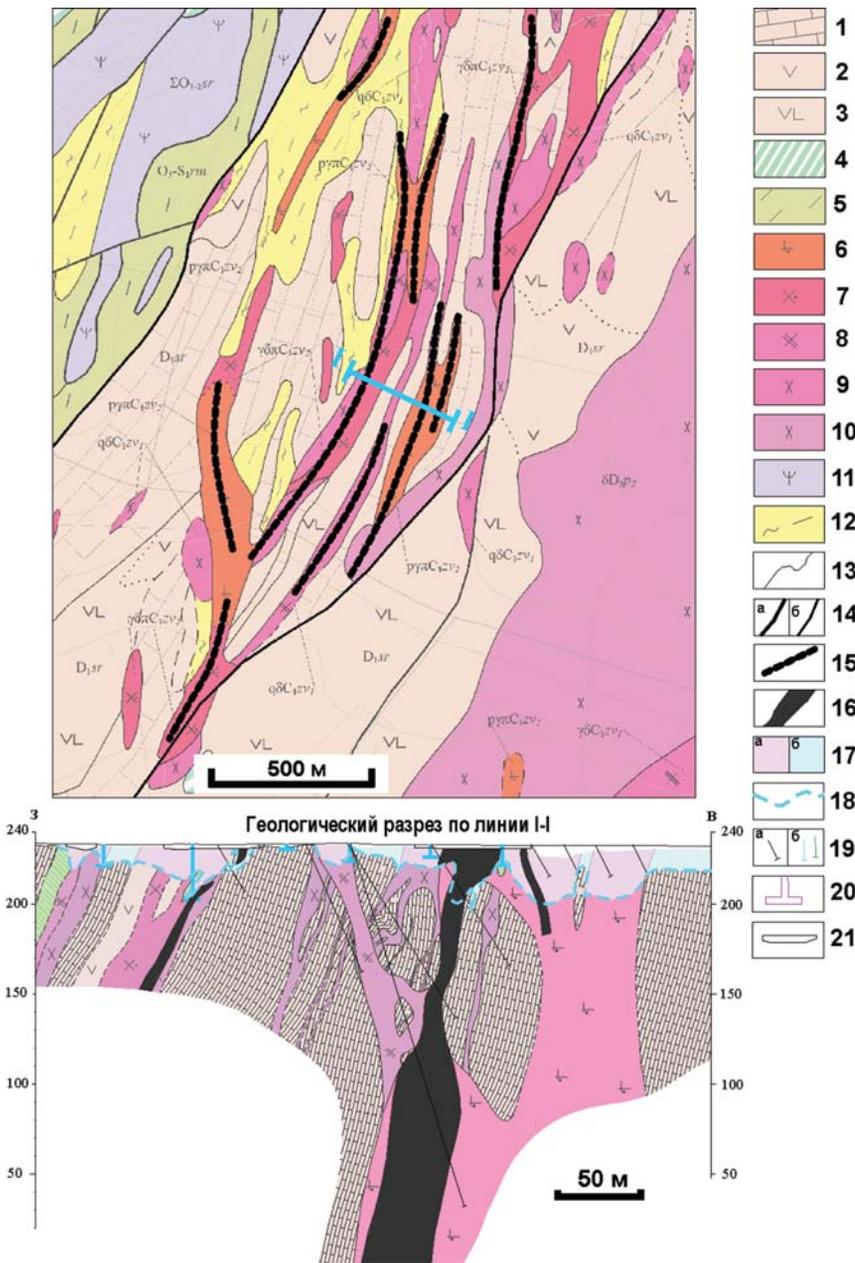


Рис. 2. Схематическая геологическая карта и разрез участка Березовый Лог. Вилуйская площадь. Шуралинская свита (D_3sr): 1 — мраморизованные известняки, 2 — андезиты и их туфы, 3 — андезибазальты и их туфы, 4 — субвулканические долериты; ромахинская толща (O_3-S_1rm): 5 — рассланцованные метавулканыты, метаморфические сланцы; западноверхисетский интрузивный комплекс тоналит-плаггиогранитовый (C_1zv): 6 — плаггиогранит-порфиры, 7 — гранодиорит-порфиры, 8 — тоналиты; 9 — диориты, кварцевые диориты; петрокаменский комплекс габбро-гранитовый (D_3p): 10 — диориты, кварцевые диориты; серовский комплекс дунит-гарцбургитовый ($O_{1-2}sr$): 11 — серпентиниты; 12 — сланцы метаморфогенно-метасоматические преимущественно хлорит-серицит-кварцевого состава; 13 — геологические границы; 14 — тектонические нарушения — главные (а) и второстепенные (б); 15 — золоторудные тела (на карте рис. 2); 16 — золоторудные тела (на карте рис. 4 и на разрезах); 17 — кора химического выветривания — структурная (а) и перемещенная над известняками (б); 18 — нижняя граница коры выветривания; 19 — скважины ОАО «УГСЭ» (а) и предшествующих работ (б); 20 — старые горные выработки; 21 — каналы, пройденные ОАО «УГСЭ»

Таблица 1

Рудные минералы золоторудных минерализованных пород участка Березовый Лог

Минеральный вид	Количество	Минеральный вид	Количество
Пирит	1 – 5 %	Золото	Редкие зерна — 0,0л %
Пирротин	0,0л – 3 %	Гессит	Редкие зерна
Арсенопирит	0,0л – 3 %	Теллурвисмутит	Редкие зерна
Халькопирит	0,0л – 0,л %	Раклиджит	Редкие зерна
Галенит	Редкие зерна — 0,0л	Вольнскит	Редкие зерна
Сфалерит	Редкие зерна	Алтаит	Редкие зерна
Марказит	0,0л – 0,л %	Колорадоит	Единичные зерна
Теннантит	Редкие зерна	Шеелит	Редкие зерна
Молибденит	Редкие зерна	Линнеит	Единичные зерна

лизованных породах. В подавляющем количестве изученных рудных интервалов наблюдается следующая ситуация. В минерализованных породах золото распределено в виде гнезд, которые вкраплены в большинстве случаев среди нерудных минералов в наиболее метасоматически измененных, прокварцованных участках пород. Кроме того, их вкрапленность часто приурочена к трещинам катаклаза, залеченных позд-

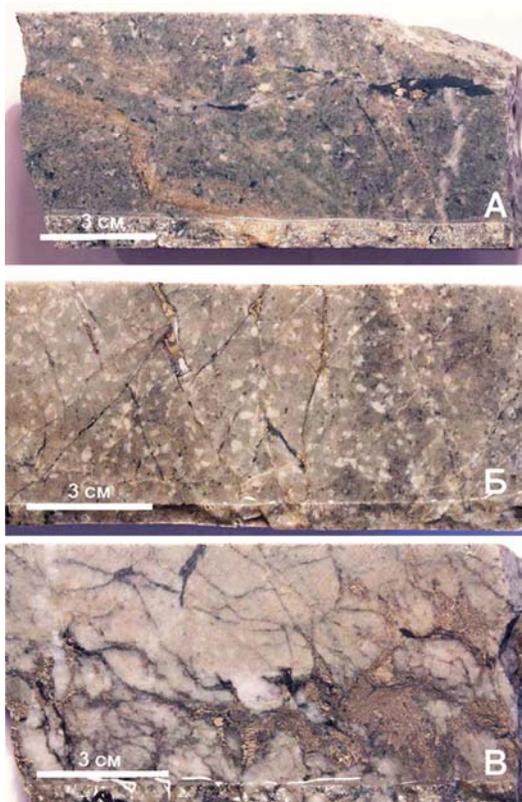


Рис. 3. Метасоматическая зональность в рудных телах участка Березовый Лог: А — слабоизмененный (частично хлоритизированный и серицитизированный) плагиогранит-порфир из внешней зоны, характеризуется низкими содержаниями золота; Б — окварцованный и серицитизированный плагиогранит-порфир из средней зоны, катаклазированный с прожилково-гнездовой вкрапленностью пирита, характеризуется кондиционными умеренно высокими содержаниями золота; В — серицит-кварцевый метасоматит по плагиогранит-порфиру из внутренней зоны. Порода катаклазирована и содержит крупные гнезда тонкозернистых агрегатов арсенопирита и пирита, характеризуется высокими содержаниями золота

ней генерацией кварца. Характер распределения гнезд золота в керне минерализованных плагиогранит-порфиров показан на рис. 4. Размеры золотин в гнездах колеблются от одного микрометра до 0,03 мм и реже до 0,07 мм. В гнездах количество золотин может меняться от 4–5 зерен до десятков и сотен. Очертания зерен золота различные, неправильные ксеноморфные, близкие к изометричным

или слегка вытянутые. Редко отмечаются зерна с гипидиоморфными очертаниями. Для зерен, вкрапленных в пиритовых агрегатах, помимо перечисленных форм, нередко отмечаются тонкие (0,003–0,01 мм), ветвящиеся прожилковидные прорастания, развитые между зернами пирита, а также по трещинам катаклаза в пирите. Пробность золота варьирует в диапазоне от 777 до 950 ‰. Резкие колебания пробности золота в пределах отдельных проб или золотин нехарактерны, существенные различия наблюдаются только по группам проб в разных рудных телах и зонах. Основной примесью является серебро, количество которого колеблется от 5,05 до 22 %. В некоторых рудных телах характерной и довольно частой примесью является Hg, количество которой в пробах колеблется от 2,96 до 5,52 %, в единичных случаях отмечаются Cu (0,42 %) и Te (0,78 %).

В ассоциации с золотом обнаружены *теллуриды*. Данная группа минералов установлена во всех рудных телах участка Березовый Лог. Теллуриды наиболее характерны для интервалов с высокими содержаниями золота и являются минералами, образовавшимися в одном с ним парагенезисе. Наиболее распространенными являются теллурвисмутит, раклиджит и алтаит, менее распространены гессит и вольнскит, колорадоит обнаружен в одном случае.

Таким образом, в пределах участка Березовый Лог золотое оруденение на вещественном уровне представлено в разной степени сульфидизированными (от 0,5 до 4 %) минерализованными породами. Главными рудными минералами являются пирит и пирротин. Второстепенными — арсенопирит и халькопирит. Золото представлено свободной формой, средне-высокопробное, вкраплено гнездами в прокварцованных участках пород. По размерности золото относится к тонкодисперсному, пылевидному и тонкому классам крупности.

Участок Ключик располагается в юго-западной части Вилуйской поисковой площади в 1,7 км к юго-западу от золоторудного месторождения Долгий Мыс и примерно в 2 км к юго-западу от центральной части участка Березовый Лог. Общая площадь участка чуть более 1 км² (1,5 × 0,75 км). В геологическом отношении участок Ключик располагается в восточном об-

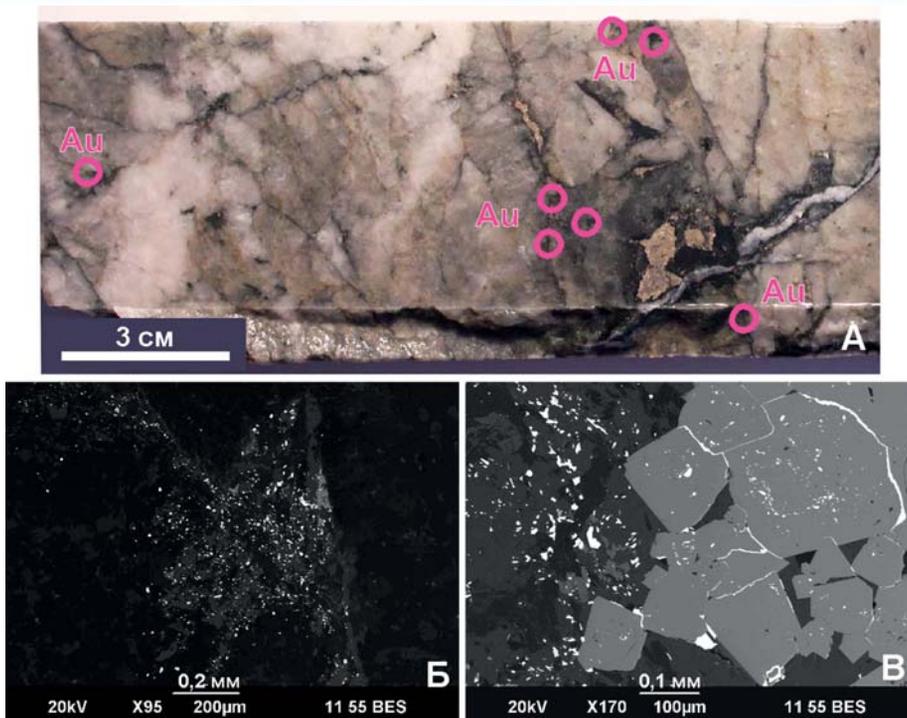


Рис. 4. Гнездовый характер вкрапленности самородного золота в рудоносных породах участка Березовый Лог: А — распределение гнезд тонкого и пылевидного золота в серицит-кварцевом метасоматите с высоким содержанием золота. Гнезда золота обведены красными кружками; Б — «облаковидное» гнездо с вкрапленностью многочисленных тонкодисперсных и пылевидных зерен золота (белые включения) среди нерудных минералов; В — обильная вкрапленность многочисленных тонкодисперсных и пылевидных зерен самородного золота (белые включения). Золото вкраплено как среди нерудных минералов, так и в агрегатах пирита

рамлении Восточно-Тагильского массива гипербазитов в тектонической зоне сочленения метавулканитов и сланцев ромахинской толщи (O_3-S_{1rm}) и вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород шуралинской свиты ($D_1 sr$). Среди пород шуралинской свиты следует отметить достаточно широкое распространение известняков.

Поисковыми работами 2015–2017 гг. установлены две рудные зоны, представленные двумя полосами сланцев кварц-хлорит-серицитового и кварц-серицитового составов. В центральной части участка выявлен перспективный золоторудный объект, где в корях выветривания оконтурено несколько рудных тел. Горными выработками и поисковыми скважинами рудные тела прослежены в корях выветривания по простиранию до нескольких сотен метров и по падению до 60 м. Стволовая мощность рудных тел варьирует от 3 до 20–30 м.

Выявленное оруденение приурочено к тектоническому сочленению двух разновозрастных блоков, кроме того, здесь же сопрягается несколько разнонаправленных тектонических нарушений, что привело к интенсивному смятию и расслаиванию пород объекта и создало благоприятную об-

становку для дальнейшего осаждения рудного вещества. Значимым фактором для контроля оруденения является наличие в рудных зонах малых тел и даек гранодиорит-порфиров и плагιοгранит-порфиров, относящихся к западноверхисетскому комплексу (C_{1zv}). Золоторудная минерализация развита как в телах и дайках гранитоидов, так и во вмещающих их сланцах кварц-карбонат-хлорит-серицитового состава. Она сопровождается развитием кварцевого прожилкования до кварцевожилковых зон и сульфидной минерализацией в количестве 1–5 %, представленной главным образом пиритом, а также в незначительных количествах халькопиритом, блеклой рудой (теннантит) и другими рудными минералами (табл. 2).

Гидротермально-метасоматические изменения в рудоносных породах представлены метасоматитами кварц-серицитовой формации, но в отличие от руд участка Березовый Лог в них менее проявлено окварцевание. По периферии зон золотого оруденения нередко отмечают-

ся листвениты, которые в большинстве случаев являются безрудными.

Таким образом, в пределах участка Ключик золотое оруденение на вещественном уровне представлено сульфидизированными (от 1 до 5 %) минерализованными кварц-серицитовыми сланцами и гранитоидами. Главным рудным минералом является пирит. Второстепенными — теннантит и халькопирит. Золото представлено свободной формой, среднепробное, вкраплено в агрегатах пирита и в кварце. По размерности золото, выявленное в аншлифах, относится к тонкодисперсному и пылевидному классам крупности. В то же время в шлихах из кор выветривания отмечаются зерна золота размерами до 2 мм. Средняя пробность золота в коренных рудах составила 755 ‰. Основной и единственной примесью является серебро. Золото из кор выветривания характеризуется

Таблица 2
Рудные минералы в минерализованных породах участка Ключик

Минеральный вид	Количество	Минеральный вид	Количество
Пирит	1 – 5 %	Герсдорфит	Редкие зерна
Теннантит	0,0n – 0,n %	Кобальтин	Редкие зерна
Халькопирит	0,0n %	Миллерит	Редкие зерна
Галенит	Редкие зерна	Хромит	Редкие зерна
Сфалерит	Редкие зерна	Углеродистое вещество	0 – 3 %
Золото	Редкие зерна		

средней пробностью 845 ‰, основной примесью является серебро, в ряде случаев отмечаются примеси свинца до 0,51 ‰, ртути до 0,35 ‰, меди до 0,21 ‰.

По результатам проведенных работ разработана прогнозно-поисковая модель оруденения золотосульфидно-кварцевого типа с некоторыми признаками порфирирового типа, которую можно распространить на Долгомысовское рудное поле.

В поисковом отношении важны последовательные и такие поэтапные работы, как опережающие (мелкометражное бурение, геохимические по корам выветривания, горнопроходческие), детализационные (бурение поисковых скважин, горнопроходческие с комплексом опробовательских работ, в том числе шлиховое опробование кор выветривания). Геофизические работы (ВЭЗ и магниторазведка) проводились в небольшом объеме в северной части площади, не охваченной работами предшественников. Геофизические данные предшественников по магнитометрии, ВП и гравиметрии были переинтерпретированы и использованы на первом этапе поисковых работ. Необходимо отметить, что результативность метода ВП на территории площади оказалась низкой. Как выяснилось — аномалии ВП с золотым оруденением не коррелируют. Это связано с тем, что в рудах, которые представлены чаще всего окварцованными и серицитизированными гранитоидами, количество сульфидов чаще всего не превышает 2 ‰, в то же время вмещающими породами служат известняки и сланцы, которые часто являются углеродсодержащими или содержат более интенсивную (до 10 ‰) вкрапленность сульфидов. Также безрудными являются и содержащие повышенную вкрапленность сульфидов аргиллизированные породы. В них интенсивность поляризуемости конечно будет выше, чем в золоторудных минерализованных породах.

Полевые работы второго этапа продолжились уже только в пределах результативных участков, среди которых в свою очередь произошло распределение объемов в соответствии с их результатами и перспективностью. Наибольший объем работ был сосредоточен в двух наиболее перспективных и результативных участках — Березовый Лог и Ключик. Детализационные работы состояли в основном из проходки небольших линий мелкометражных скважин, проходки канав и колонковых скважин глубиной до 200 м, которыми прослеживались и оконтуривались конкретные рудные зоны и рудные тела.

Следует отметить один простой и давно известный, но наш взгляд очень эф-

фективно проявивший себя метод, применявшийся на обоих этапах полевых работ. Речь идет о промывке шлиховых проб и просмотре шлихов. Установлено, что рудные тела в корях выветривания сопровождаются ореолом шлихового золота мелкого, тонкого и пылевидного классов крупности. Ореолы шлихового золота имеют большую ширину (на 50–100 %) по сравнению с собственно рудными телами. Внешние части таких ореолов часто не отображаются повышенными содержаниями или выраженными геохимическими аномалиями. В полевых условиях немаловажное значение имеет быстрый экспрессный просмотр шлихов непосредственно на участке работ. Золото в шлихах представлено мелкими, тонкими и пылевидными классами крупности и часто такое золото при промывке визуально не отображается и фиксируется оно только при просмотре в бинокулярном микроскопе. Поэтому шлихи массово просматривались непосред-

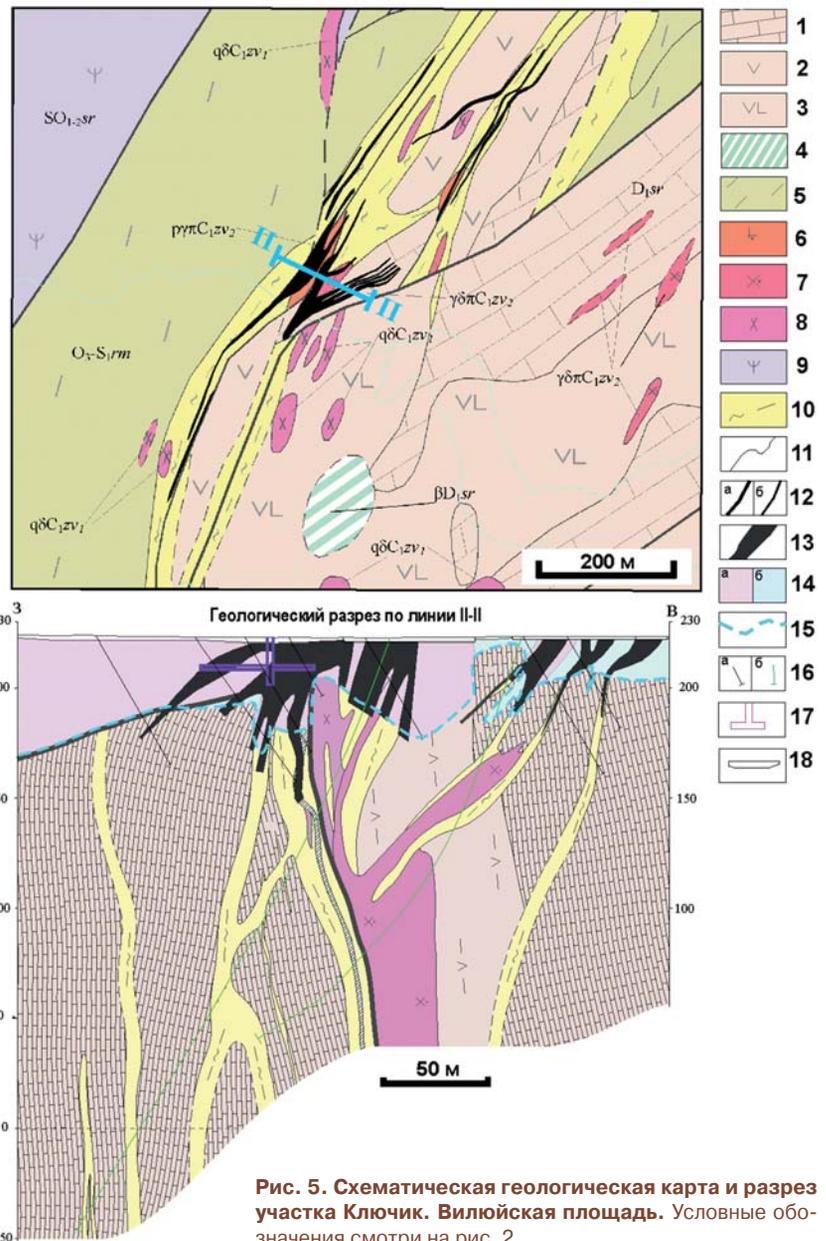


Рис. 5. Схематическая геологическая карта и разрез участка Ключик. Вилейская площадь. Условные обозначения смотри на рис. 2

венно на участке работ, а это давало преимущество своевременно и быстро корректировать поисковые работы в течение полевого сезона.

Еще одним полезным вспомогательным методом является просмотр распиленного каменного керна под бинокулярным микроскопом. В рудных интервалах золото вкраплено в виде неравномерно распределенных гнезд, в которых размерность золотин представлена в основном тонкими, пылевидными и тонкодисперсными классами крупности, количество включений золота в таких гнездах может достигать сотен зерен. Размеры таких гнезд сотые, десятые доли миллиметра, редко до 1 мм. При просмотре керна под бинокулярным микроскопом при определенном навыке такие гнезда уверенно диагностируются.

Проведенными работами установлено, что опираясь на апробированную нами на нескольких площадях Урала методику поисков золоторудных объектов, позволило локализовать на Вилюйской площади новое золоторудное месторождение.

Выводы

Полученные результаты поисковых работ на Вилюйской площади свидетельствуют о высоком потенциале старых золоторудных узлов Среднего Урала.

Правильно выстроенная стратегия и тактика поисков позволила более эффективно и рационально распределить объемы работ по поисковой площади, а также достичь высокой результативности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грязнов, О.Н. Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов / О.Н. Грязнов. — М.: Недра, 1992.
2. Рамдор, П. Рудные минералы и их сростания / П. Рамдор. — М.: Иностранная литература, 1962.
3. Сазонов, В.Н. Основные золотопродуктивные и сопутствующие метасоматические формации Урала (геологическая позиция, зональность, минералогическая, химическая и текстурно-структурная трансформация эдуктов и прогностическое значение): Науч. Издание / В.Н. Сазонов, В.А. Коротеев. — Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2009.

© Коллектив авторов, 2018

Александров Владислав Владимирович // alvladislav@yandex.ru
Рыльков Сергей Александрович // ural@rosnedra.gov.ru
Кокорин Николай Петрович // ural@rosnedra.gov.ru
Зубков Алексей Иванович // ural@rosnedra.gov.ru
Кривко Татьяна Николаевна // ural@rosnedra.gov.ru

УДК 553.412:551.24.031

Ткачев А.В., Рундквист Д.В., Вишневецкая Н.А. (ГГМ РАН)

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ЛИТИЯ: ЭПОХИ НАКОПЛЕНИЯ, ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Накопление ресурсов лития происходило с позднего мезоархея до голоцена. Процесс имел дискретный характер. В самых ранних суперконтинентальных циклах — кенорском, колумбийском и родинийском — возникали месторождения лития только пегматитового типа. Этот

*тип также основной в пангейском цикле, но небольшая часть ресурсов связана с Li-F гранитами. Текущий амазийский цикл наиболее разнообразен в типах месторождений лития: рассолы в сalaraх наиболее важны, а эпitherмальные стратиформные залежи, пегматиты и Li-F граниты имеют меньшее значение. **Ключевые слова:** металлогения, месторождения лития, геологическая история, суперконтинентальный цикл.*

Tkachev A.V., Rundkvist D.V., Vishnevskaya N.A. (SGM RAS)
EVOLUTIONAL ASPECTS OF THE LITHIUM METALLOGENY: PRODUCTIVE EPOCHS, MINERAL DEPOSIT TYPES AND THEIR SPECIFIC FEATURES

*The generation of lithium resources has been taking place since the Mesoarchean and is expressed as a discontinuous series of impulses of variable intensities. Pegmatite type alone represents the lithium metallogeny in three oldest supercontinent cycles — Kenoran, Columbian, and Rodinian. The type is also the main one in the Pangean cycle, but a small part of its resources is concentrated in Li-F granites. Current Amasian cycle is the most various in terms of lithium deposit types: lithium-bearing brines in salars is the main type, while epithermal stratiform lodes, pegmatites, and Li-F granites are less significant. **Keywords:** metallogeny, lithium deposits, geological history, supercontinent cycle.*

Введение

Литий — очень важный для инновационной экономики вид минерального сырья, использование которого в мире постоянно растет вместе с развитием целого ряда современных отраслей промышленности. Особенно увеличилось потребление этого элемента из-за валлообразного роста объемов производства литий-ионных батарей и аккумуляторов для мобильных телефонов, смартфонов, планшетов, ноутбуков и других электронных устройств бытового, аэрокосмического, военного и медицинского назначения, электрических и гибридных автомобилей, солнечных и ветровых электрогенераторов. Очень широко литий используется для производства стекла, керамики и стеклокерамики, промышленных смазок, пластмасс и шинной резины, в выплавке стали, алюминия и особо легких авиационных сплавов, создании систем охлаждения, осушения и очищения воздуха, изготовлении лекарств, получении трития и еще целом ряде других современных производств [8].

Акселерационные тенденции в потреблении лития привели к увеличению объемов его ежегодного извлечения из недр: в 2017 г. оно приблизилось к отметке 0,1 млн т в пересчете на Li₂O, что приблизительно втрое больше, чем на рубеже XX и XXI вв. (данные USGS — <https://minerals.usgs.gov>). Соответствующим образом усилился интерес к данному виду сырья со стороны геологоразведочных компаний и служб во многих странах мира, начавших активнее реализовывать поисково-оценочные и разведочные проекты как на ранее известных, так и вновь выявленных проявлениях лития на всех обитаемых континентах.