

### Особенности околорудных метасоматических изменений и вещественного состава нового потенциального золоторудного месторождения на Среднем Урале

В.В.АЛЕКСАНДРОВ (Открытое акционерное общество «Уральская геологосъёмочная экспедиция»; 620014, Свердловская обл, г. Екатеринбург, ул. Вайнера, д. 55, оф. 301),  
П.Г.КУЧЕРЕВСКИЙ (Федеральное государственное бюджетное учреждение Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГБУ ЦНИГРИ); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1),  
Т.Н.КРИВКО (Открытое акционерное общество «Уральская геологосъёмочная экспедиция»; 620014, Свердловская обл, г. Екатеринбург, ул. Вайнера, д. 55, оф. 301)

Представленные материалы характеризуют новое потенциальное золоторудное месторождение, выявленное на Среднем Урале в пределах Вилюйской перспективной площади. Рудные тела объекта сопряжены с положением плагиогранит-порфиров и гранодиорит-порфиров второй фазы западнорусского комплекса раннего карбона. Гранитоиды в пределах рудных тел преобразованы гидротермально-метасоматическими процессами кварц-серицитовой формации. Метасоматиты содержат сульфидную прожилково-вкрапленную минерализацию. Среди сульфидной минерализации главными рудными минералами являются пирит и пирротин, второстепенными – арсенопирит и халькопирит. В ассоциации с самородным золотом отмечены теллуриды. По полученным данным определена стадийность формирования руд наиболее полно изученного в пределах Вилюйской площади участка Берёзовый Лог. Разработаны поисковые критерии выявленного золотого оруденения.

*Ключевые слова:* золотое оруденение, новое потенциальное месторождение, плагиогранит-порфиры, метасоматиты кварц-серицитовой формации, сульфиды, теллуриды, самородное золото, стадии оруденения, поисковые критерии.

Александров Владислав Владимирович  
Кучеровский Пётр Георгиевич  
Кривко Татьяна Николаевна



alvladislav@yandex.ru  
kpg48@yandex.ru  
geol3@ugse.ru

### Special aspects of wallrock metasomatic alteration and material composition of a new gold ore deposit in the Middle Urals

V.V.ALEKSANDROV (Ural GIE OAO «The Urals geological survey expedition» (open joint-stock company),  
P.G.KUCHEREVSKI (Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals),  
T.N.KRIVKO (OAO «The Urals geological survey expedition» (open joint-stock company)

The presented materials characterize the new potential gold deposit discovered in the Middle Urals. The ore bodies of this object interface with the position of plagiogranite-porphyrries and granodiorite-porphyrries of the second phase of the Western Verkhisetsky complex of the early Carboniferous period. Within the orebodies, granitoids were transformed by hydrothermal-metasomatic processes of quartz-sericite formation. Metasomatites contain sulphide vein-disseminated mineralization. Among the sulfide mineralization, the main ore minerals are pyrite and pyrrhotine, secondary ones are arsenopyrite and chalcopyrite. In association with native gold, tellurides are noted. Based on the results of the obtained data, ore formation stages at the Berezovy Log area have been determined. The search criteria of the identified gold mineralization were developed.

*Key words:* gold mineralization, new potential gold deposit, plagiogranite-porphyrries, metasomatites of quartz-sericite formation, sulfides, tellurides, native gold, stages of mineralization, search criteria.

Вилюйская площадь расположена в пределах Восточно-Уральской мегазоны, в непосредственной близости от границы с Тагильской мегазоной, которая представле-

на шовной зоной тектонической системы Серовско-Маукского разлома (рис. 1). Площадь сложена в западной части серпентинитами серовского комплекса

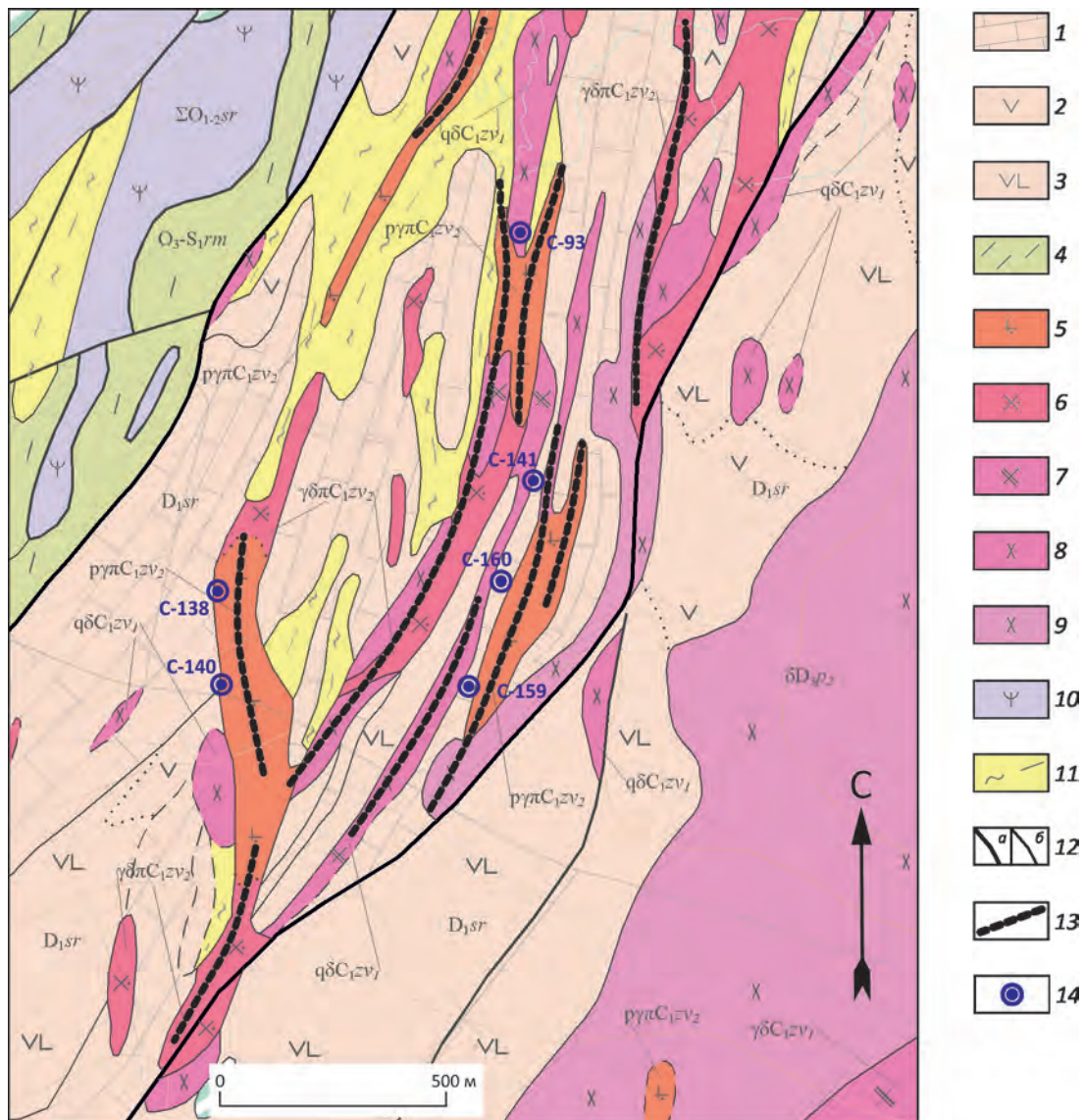


Рис. 1. Схематическая геологическая карта участка Берёзовый Лог, Вилюйская площадь:

шуралинская свита ( $D_1sr$ ): 1 – мраморизованные известняки, 2 – андезиты и их туфы, 3 – андезибазальты и их туфы; 4 – ромахинская толща ( $O_3-S_1rm$ ): рассланцованные метавулканы, метаморфические сланцы; западноверхисетский интрузивный комплекс тоналит-плагиогранитовый ( $C_1zv$ ): 5 – плагиогранит-порфиры, 6 – гранодиорит-порфиры, 7 – тоналиты, 8 – диориты, кварцевые диориты; 9 – петрокаменный комплекс габбро-гранитовый ( $D_3p$ ): диориты, кварцевые диориты; 10 – серовский комплекс дунит-гарцбургитовый ( $O_{1-2}sr$ ): серпентиниты; 11 – сланцы метаморфогенно-метасоматические преимущественно хлорит-серицит-кварцевого состава; 12 – тектонические нарушения: а – главные и б – второстепенные; 13 – золоторудные тела; 14 – точки отбора образцов

( $O_{1-2}sr$ ), прорванными Вилюйским интрузивным массивом диоритов и гранодиоритов петрокаменского комплекса ( $D_3p$ ). Восточная часть площади, вмещающая несколько минерализованных потенциально золоторудных зон, сложена рассланцованными и метаморфизованными породами ромахинской толщи ( $O_3-S_1rm$ ) и вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами шу-

ралинской свиты ( $D_1sr$ ). С востока она ограничивается диоритами Краснопольского массива петрокаменского комплекса ( $D_3p$ ). 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. Особенность геологического строения – широкое распространение известняков, в разной степени мраморированных, нередко полосчатых, содержащих углеродистое вещество. Среди вулканитов и известняков отмечаются тела порфировых субвулканитов среднекислого и кислого состава, также относящихся к шуралинской свите ( $D_1sr$ ). Из плутонических и гипабиссальных образований широко развиты диориты и габбро петрокаменского комплекса ( $D_2p$ ), порфиroidные диориты, кварцевые диориты, тоналиты, гранодиорит-порфиры и плагиогранит-порфиры западноверхисетского комплекса ( $C_1zv$ ).

В 2015–2017 гг. ОАО «Уральская геологосъёмочная экспедиция» в пределах Виллойской площади (Свердловская область) были проведены поисковые работы на рудное золото (работы проводились АО «Росгеология» за счёт 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 золота. В результате локализованы рудные тела на участках Берёзовый Лог, Ключик, Рудноболотный, Родионовский и Сталинский. Прогнозные ресурсы золота категории  $P_1+P_2$  составили 150 т, из них 93 т окисленных и 57 т первичных руд.

Лабораторно-технологические испытания руд (ОАО «Уральский институт металлов», г. Екатеринбург) показали, что для переработки как первичных, так и окисленных руд целесообразна комбинированная гравитационно-цианистая схема обогащения с извлечением золота 96,27 и 96,98%, соответственно.

Расчётные технико-экономические показатели свидетельствуют об общей экономической эффективности переработки окисленных и первичных руд площади, разрабатываемых по схеме, принятой для Воронцовского месторождения на Среднем Урале: горно-обоганительный комбинат с полным циклом переработки, включающим карьер, полигон кучного выщелачивания и обоганительную фабрику. Результаты ГЭО с учётом принятой в расчётах относительно низкой по современным меркам цены (в рублёвом эквиваленте) на золото и полученный при этом высокий уровень доходности проекта позволяют достаточно уверенно говорить о большом запасе экономической «прочности» выявленного объекта, его перспективности и, естественно, целесообразности дальнейшего геологического изучения.

По результатам проведённых работ установлено, что все перспективные участки Виллойской площади находятся в области влияния нескольких сближенных субпараллельных разломов, среди которых наиболее крупными являются Новоасбестовский и Невьянский тектонические нарушения. Выявленные рудные зоны контролируются расланцеванием, милонитизацией и брекчированием.

Поисковая оценка золоторудных зон, выявленных горнопроходческими работами и поисковым бурением, установила, что золотое оруденение площади пространственно тяготеет к интрузивным породам западно-верхисетского комплекса.

В результате проведённых детализационных геологоразведочных работ (ГРП) наиболее результативным стал участок Берёзовый Лог, в пределах которого оценён основной объём прогнозных ресурсов категории  $P_1$  в количестве 30,7 т и категории  $P_2$  – 40,1 т.

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 порфиroidных интрузивных пород – тоналитов, плагиогранит-порфиров, гранодиорит-порфиров. Для рудоносных интрузивных тел вмещающими в большинстве случаев являются мраморизованные известняки, реже вулканиты и сланцы. В пределах рудных тел интрузивные породы катаклазированы, интенсивно метасоматически преобразованы, содержат прожилково-вкрапленную золото-сульфидно-кварцевую минерализацию.

Особенности метасоматических изменений пород рудоносных зон, их минеральный состав и формационная принадлежность были изучены в более 1000 шлифов, отобранных из золотоносных минерализованных пород. Вещественный состав золоторудных зон охарактеризован по результатам минераграфических исследований 300 аншлифов. Заверка определений минералов выполнена на электронном растровом микроскопе в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН. В результате исследований было установлено, что в минерализованных породах рудных тел развиты метасоматиты кварц-серицитовой формации [3]. Метасоматиты характеризуются образованием минеральной ассоциации кварц+серицит+хлорит(пеннин 1-й генерации)+карбонаты(доломит, кальцит)+сульфиды. Степень метасоматических преобразований в пределах рудных тел неоднородная, часто наблюдалось чередование интенсивно проявленных метасоматитов (до кварцитов) слабо- и среднеизменённых метасоматически преобразованных пород с сохранившимися реликтами первичных структур рудо-вмещающих пород.

Установлены элементы метасоматической зональности серицит-кварцевых метасоматитов по интрузивным породам: плагиогранит-порфир (биотит, роговая обманка, кварц, альбит)→внешняя зона хлоритизации и частичной серицитизации (хлорит (клинохлор), серицит, кварц, альбит)→средняя зона окварцевания и серицитизации (карбонат (доломит, кальцит), альбит, кварц, серицит)→внутренняя зона полной серицитизации и окварцевания (серицит, кварц).



На рис. 2 приведены фотографии минерализованных плагиогранит-порфиров с разной степенью наложенных метасоматических изменений. Как видно из фотографий, во внешней зоне метасоматитов отчётливо выделяется первичная структура пород, здесь отмечается только хлоритизация и частичная серицитизация альбита. В средней зоне первичная порфировая структура ещё видна, но уже затуманена сильной серицитизацией. Во внутренней зоне метасоматитов в результате интенсивной серицитизации и окварцевания первичная порфировая структура исчезает за счёт полного замещения хлоритизированных тёмноцветных минералов и альбита.

Золоторудные метасоматиты, как правило, всегда сильно катаклазированы. Это проявляется в виде системы трещиноватости с разной интенсивностью, пронизывающей минерализованные породы. Трещины могут быть заполнены многочисленными прорастаниями серого полупрозрачного кварца (в шлифах мелкозернистые агрегаты с волнистым угасанием), развитыми по всей трещиноватости. В других случаях по трещинам наблюдаются прерывистые линзы и прожилки кварца, кальцита, агрегатов хлорита-пеннина и сульфидов. Системы трещиноватости, по-видимому, влияли на интенсивность метасоматоза, так как наиболее интенсивные преобразования пород наблюдаются именно вдоль трещин. В то же время можно предположить неоднократное подновление трещиноватости с образованием разных прожилковых ассоциаций.

Сульфидная минерализация в рудоносных породах присутствует в количестве 0,5–4%. Распределение сульфидов неравномерное, в виде гнёзд, вкрапленность которых контролируется трещиноватостью за счёт катаклазированнойности пород. Гнёзда сульфидов имеют линзовидную или изометричную форму и в размерах достигают 5–7 см. В табл. 1 приведены рудные минералы, которые были обнаружены в рудных зонах участка Берёзовый Лог.

Главным рудным минералом, установленным во всех рудных телах, является **пирит**, его количество колеблется от 0,5 до 4%, в среднем около 2%. Морфологически выделяются три типа пирита.

**Пирит I** количественно преобладает над другими типами пирита, образует неравномерную вкрапленность в виде гнёзд часто линзовидной, округлой и прожилковидной форм, вкрапленных по кварцевым прожилкам и трещинам катаклаза или в наиболее прокварцованных участках породы. Размеры гнёзд достигают нескольких сантиметров. Часто они образуют сплошные или густо вкрапленные агрегаты пирита линзовидной или изометричной формы. Пирит I в плоскости шлифов представлен зёрнами, с прямоугольными сечениями, имеющими размеры от первых десятых долей мм до 3 мм.

**Пирит II** нередко присутствует в рудных сечениях, но в небольшом количестве (десятые и сотые доли %). Для зёрен такого пирита характерны размеры в со-

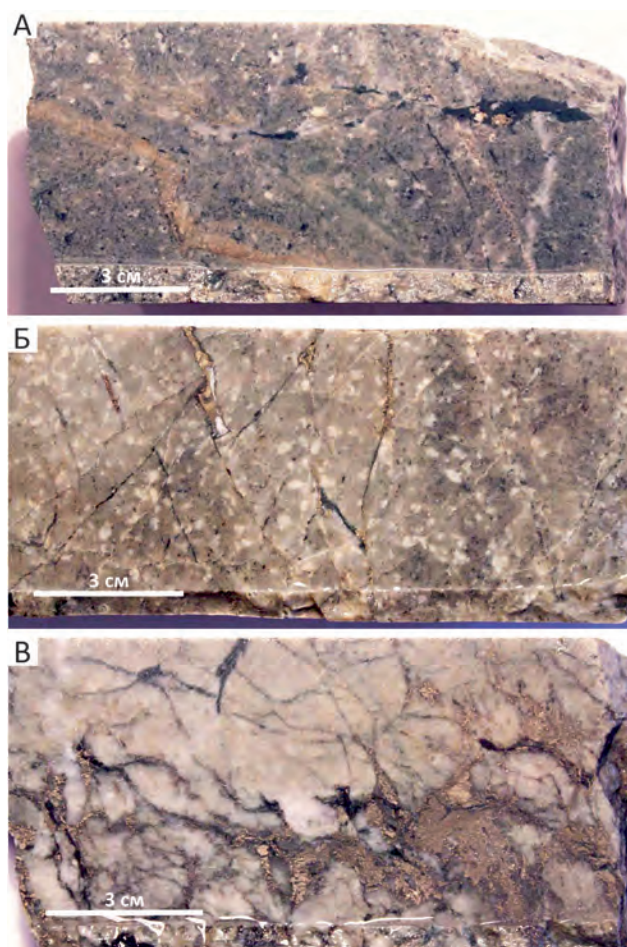


Рис. 2. Метасоматическая зональность в рудных телах участка Берёзовый Лог:

А – слабоизменённый (частично хлоритизированный и серицитизированный) плагиогранит-порфир из внешней зоны, характеризуется низкими содержаниями золота, скв. С-140; Б – окварцованный и серицитизированный плагиогранит-порфир из средней зоны, катаклазированный с прожилково-гнездовой вкрапленностью пирита, характеризуется кондиционными умеренно высокими содержаниями золота, скв. С-160; В – серицит-кварцевый метасоматит по плагиогранит-порфиру из внутренней зоны, порода катаклазирована и содержит крупные гнёзда тонкозернистых агрегатов арсенопирита и пирита, характеризуется высокими содержаниями золота, скв. С-160

тые доли миллиметра и прямоугольные сечения. Они собраны в небольшие агрегатные сростки, которые вкраплены, как правило, вблизи от гнёзд пирита I, либо внутри таких гнёзд, где зёрна пирита II нарастают по периферии на зёрна пирита I. По-видимому, пирит II генетически близок к пириту I, но, несомненно, образовался позднее него, на заключительных стадиях минералообразования, во время которых и происходило отложение золота и сопутствующей ему минерализации.

### 1. Рудные минералы золоторудных минерализованных пород участка Берёзовый Лог, выявленные при минераграфическом исследовании аншлифов

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

*Пирит III* в небольшом количестве (не более сотых долей %) отмечается во многих рудных сечениях. Пирит III представлен вытянутыми ксеноморфными тонкозернистыми агрегатами до 0,6 мм. В них постоянно отмечается марказит. Кроме того, вблизи от таких агрегатов, среди нерудных минералов обнаружены тонкие (0,003–0,02 мм) ветвящиеся прорастания пирита III в виде микропрожилков. По-видимому, основная часть пирита III в виде агрегатов образовалась за счёт замещения более раннего пирротина. Этот вывод сделан из-за соответствия форм сечений зёрен пирротина и марказит-пиритовых агрегатов, а также частого наличия в таких агрегатах фрагментов недоразложенного пирротина. Разложение пирротина в марказит-пиритовые агрегаты описано в литературе как довольно частое явление на различных месторождениях полезных ископаемых [2].

*Пирротин* – второй по распространённости после пирита минерал, встречается в количестве 0,5–1%, представлен вытянутыми агрегатными зёрнами размерами до 2 мм, отмечается в сростаниях с халькопиритом и сфалеритом. Очевидно, пирротина было больше, но он на заключительных стадиях формирования рудения в значительной своей части перешёл в марказит-пиритовые агрегаты.

*Арсенопирит* – один из наиболее распространённых второстепенных рудных минералов участка Берёзовый Лог. Обычно количество арсенопирита в минерализованных породах составляет сотые и десятые доли процента, но в некоторых случаях оно достигает 1–3%. Арсенопирит ассоциирует с пиритом II, с которым образует тонкозернистые агрегатные сростания. Арсенопирит представлен идиоморфными с ромбовидными очертаниями зёрнами, имеет размеры в среднем 0,05–0,2 мм. По-видимому, образование арсенопирита и пирита II близко по времени к образованию золота, так как эти минералы нередко вкраплены вместе с ним в одних и тех же гнёздах и имеют соразмерные вкраплениям золота размеры зёрен.

*Халькопирит* является также одним из наиболее распространённых второстепенных рудных минералов, об-

разует округлые и вытянутые включения в пирите I как просто в массиве, так и по трещинам катаклаза. Халькопирит, кроме того, вкраплен среди нерудных минералов (вблизи от гнёзд пирита), отмечается в сростании с пирротином и пиритом II. Вместе с халькопиритом в минерализованных породах в небольшом количестве отмечаются *сфалерит, галенит и теннантит*.

*Золото* присутствует в свободной самородной форме, установлено в аншлифах во всех рудных интервалах по поисковым скважинам. Количество обнаруженных зёрен золота в аншлифах изменяется от единиц до десятков и сотен, в крайне редких случаях до первых тысяч зёрен. Золото характеризуется крайне неравномерным распределением в минерализованных породах. В большинстве изученных рудных интервалов наблюдается следующая ситуация. В минерализованных породах золото распределено гнёздами, вкрапленными в основном среди нерудных минералов, в наиболее метасоматически изменённых, прокварцованных участках пород, а также в трещинах катаклаза, залеченных поздней генерацией кварца. По трещинам, вмещающим гнёзда золота, обычно наблюдается мелкая вкрапленность пирита II и арсенопирита. Характер распределения гнёзд золота в минерализованных плагиогранит-порфирах показан на рис. 3. Гнёзда золота изометричной или вытянутой формы, размерами от 0,03 до 2 мм. В них количество золотинок может меняться от 4–5 до десятков и 100–200 зёрен (количество в срезе поверхности аншлифа). Если оценивать приблизительное количество зёрен золота в объёме таких гнёзд, то оно может достигать тысячи. В более редких случаях гнёзда золота отмечаются вкрапленными в агрегатах пирита I.

Размеры золотинок в гнёздах в основном колеблются в пределах от одного микрона до 0,03 мм, реже до 0,07 мм. Более редко отмечаются гнёзда золота с меньшим количеством зёрен (до 10–15 в срезе аншлифа), но с более крупными размерами, достигающими 0,3 мм. Ещё реже отмечаются более крупные одиночные золотины размерами 0,3–0,7 мм. Таким образом, наиболее распространённым по данным изучения аншлифов



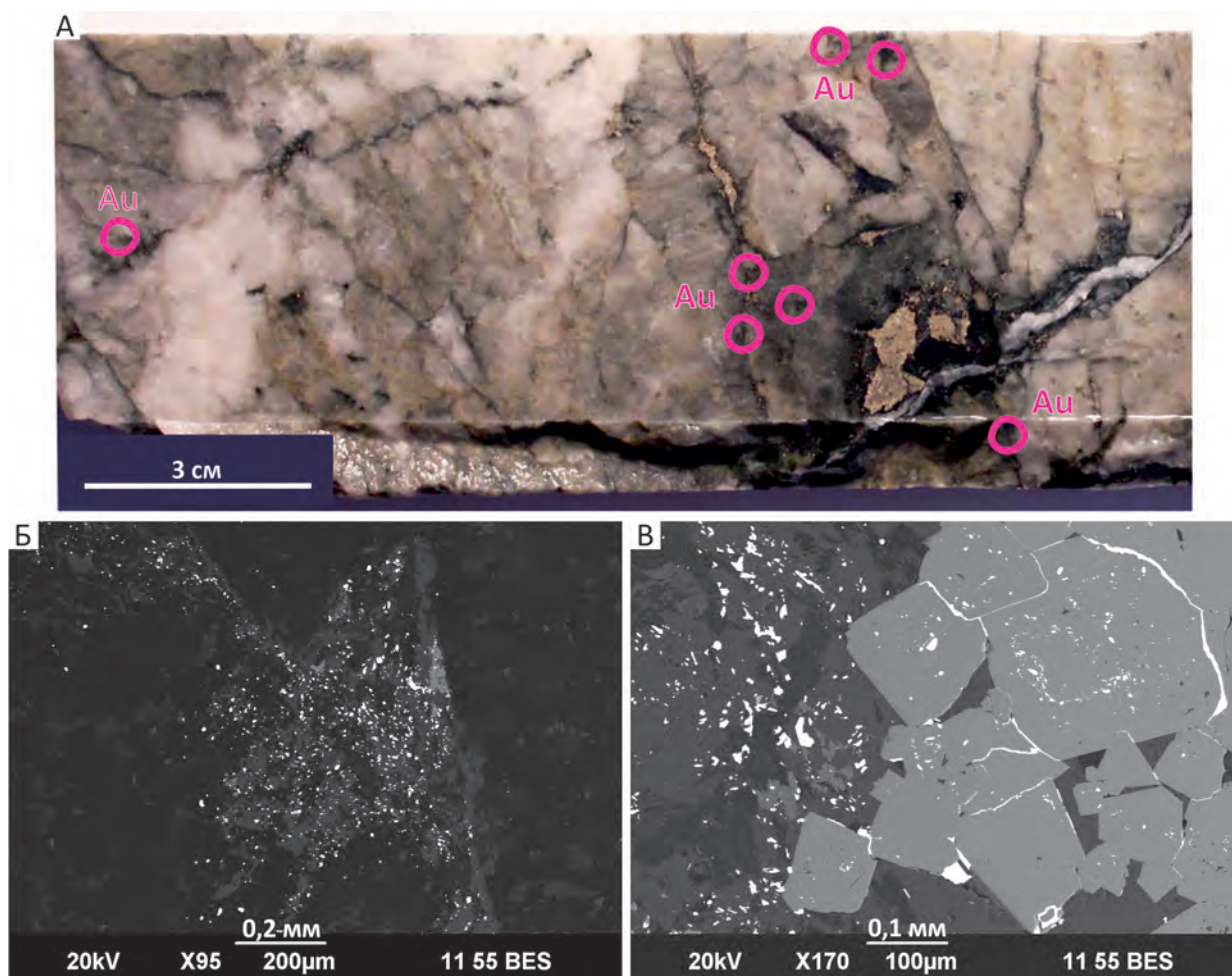


Рис. 3. Гнездовый характер вкрапленности самородного золота в рудоносных породах участка Берёзовый Лог, скв. С-160:

А – распределение гнезд золота в серицит-кварцевом метасоматите с высоким содержанием золота; гнезда золота обведены красными кружками; Б – «облаковидное» гнездо с вкрапленностью многочисленных тонкодисперсных и пылевидных зёрен золота (белые включения) среди нерудных минералов; В – обильная вкрапленность многочисленных тонкодисперсных и пылевидных зёрен самородного золота (белые включения); золото вкраплено как среди нерудных минералов, так и в агрегатах пирита

является золото тонкодисперсного, пылевидного и тонкого классов крупности. Более крупное золото мелкого и среднего классов крупности присутствует в подчинённом количестве. Данный вывод подкрепляется результатами промывки шлиховых проб золотоносных кор выветривания и протолочек минерализованных пород. Из этого видно, что содержания шлихового золота почти всегда на один–два порядка ниже содержаний, полученных аналитическим путём.

Очертания зёрен золота различные: неправильные, ксеноморфные, близкие к изометричным или слегка вытянутые. Редко отмечаются зёрна с гипидиоморфными очертаниями. Для зёрен, вкрапленных в пиритовых агрегатах, помимо перечисленных форм, нередко

характерны тонкие (толщиной 0,003–0,01 мм и длиной до 0,3 мм), ветвящиеся прожилковидные прорастания, развитые между зёрнами пирита, а также по трещинам катаклаза в пирите. Золото отмечается в сростаниях с пиритом I и II, пирротинном, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, теннантитом, гесситом, теллурувисмутитом.

По результатам аналитических исследований пробоность золота варьирует в диапазоне от 777 до 950‰. Резкие колебания пробоности золота в пределах отдельных проб или золотинок нехарактерны, существенные различия наблюдаются только по группам проб из разных частей объекта. Основной примесью является серебро, количество которого колеблется от 5,05 до 22%.

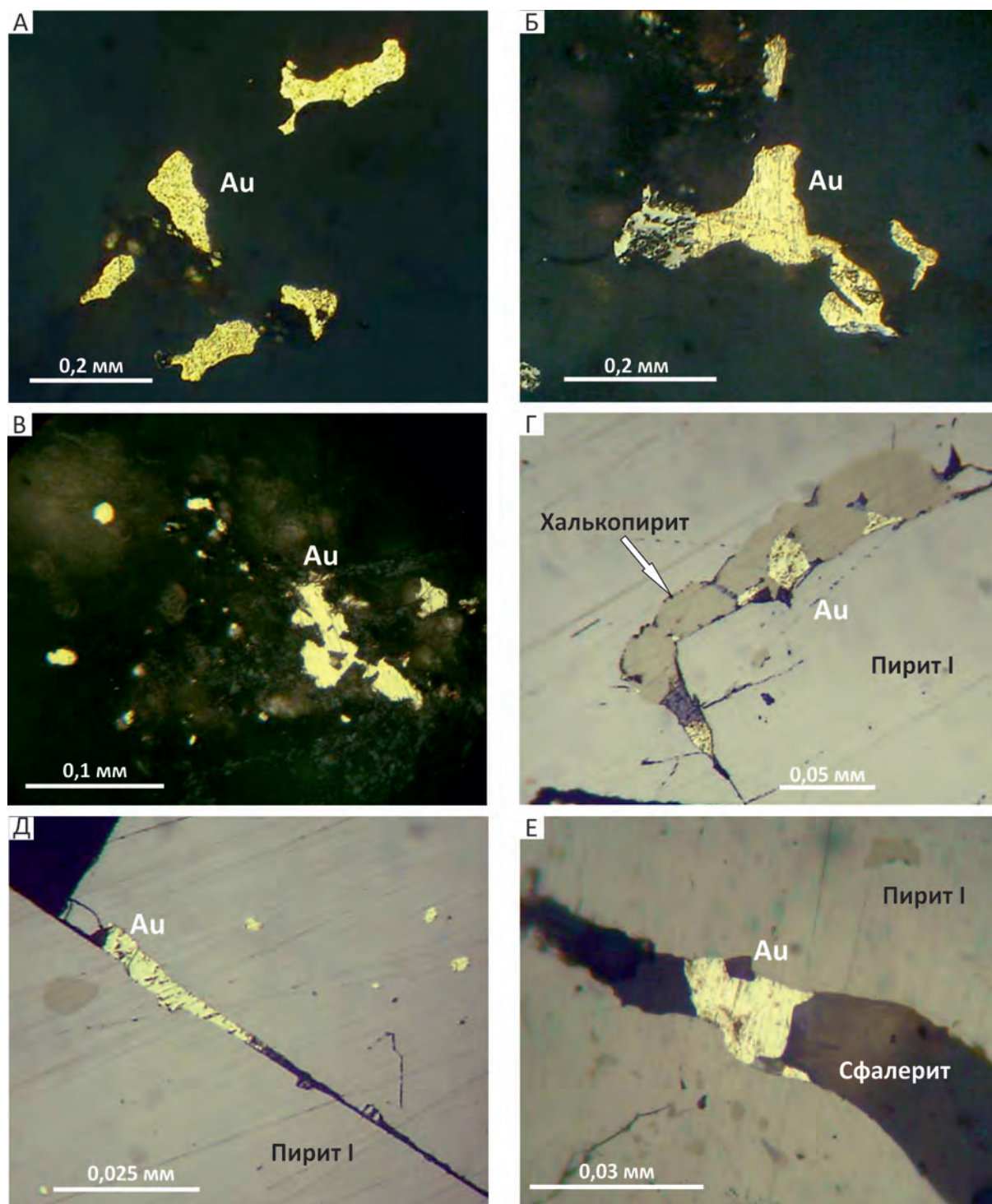


Рис. 4. Самородное золото и сопутствующие ему минералы в минерализованных породах участка Берёзовый Лог:

А – гнездо из нескольких сравнительно крупных зёрен золота, вкрапленного в окварцованном участке породы, скв. С-93; Б – гнездо из нескольких зёрен золота, вкрапленного в кварцевом прожилке, скв. С-141; В – гнездо золота, вкрапленного в окварцованном участке породы, скв. С-138; Г – зёрна самородного золота, вкрапленные в халькопирите, который в свою очередь вкраплен в пирите I, скв. С-140; Д – вытянутое зерно золота, проросшее между зёрнами пирита I, скв. С-140; в массиве пирита также наблюдаются мелкие округлые включения золота; Е – включение золота в сфалеритовой прожилке, пересекающей пирит I, скв. С-138; А, В–Е – серицитизированные и окварцованные плагиогранит-порфиры; Б – пропилитизированный и аргиллизированный туф с кварцевыми жилками и сульфидной минерализацией



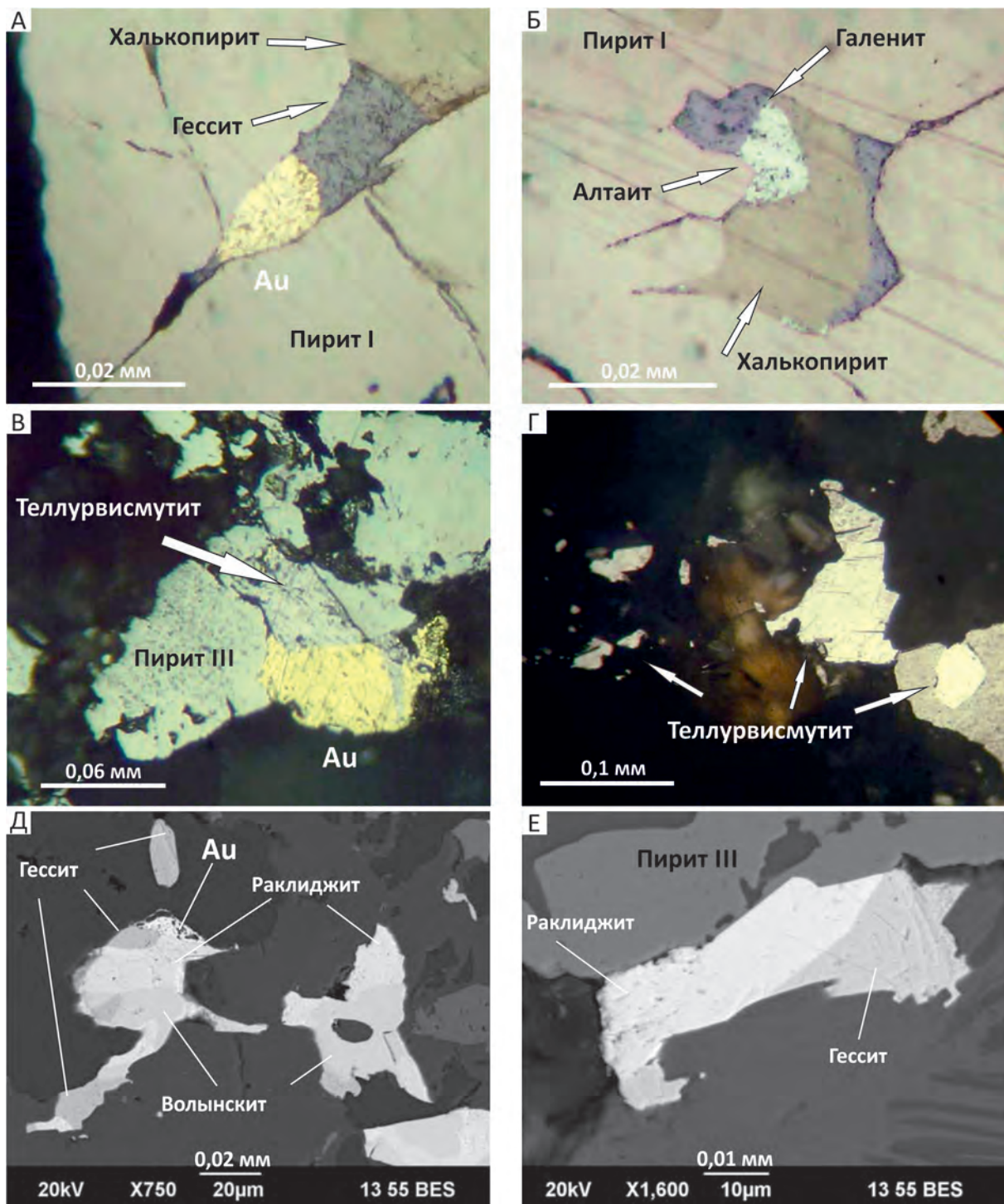


Рис. 5. Самородное золото и сопутствующие ему минералы в минерализованных породах участка Берёзовый Лог:

А – срastание гессита, золота и халькопирита, скв. С-140; минералы вкраплены в пирите I; Б – срastание галенита, халькопирита и алтаита, скв. С-140; В – срastание пирита III, золота и теллурвисмутита, скв. С-141; Г – гнездовое вкрапление теллурвисмутита в кварце и в пирите III, скв. С-141; Д – зёрна теллуридов, представляющие собой срastание золота, гессита, раклиджита, волынскита и алтаита, скв. С-159; Е – зерно в виде срastания гессита и раклиджита, расположено на границе агрегата пирита III, скв. С-159; А-Б – серицитизированные и окварцованные плагиогранит-порфиры; В-Г – пропицитизированный и аргиллизированный туф с кварцевыми жилками и сульфидной минерализацией; Д-Е – серицитизированные и окварцованные гранодиорит-порфиры



### 2. Стадии минералообразования золотого оруденения участка Берёзовый Лог

Минеральный вид и его генерации	I стадия среднетемпературная метасоматическая кислотного выщелачивания с образованием серицит- кварцевых метасоматитов	II стадия низкотемпературная щелочная сопряжённого осаждения с образованием прожилково-вкрапленной золоторудной минерализации	III стадия пострудная низко- температурная (на затухании процесса)
Серицит	—————		
Кварц I	—————		
Доломит	—————		
Хлорит (клинохлор)	—————		
Пирит I	—————		
Пирротин	—————		
Кварц II		—————	
Хлорит (пеннин)		—————	
Кальцит		—————	- - - - - ?
Барит		—————	
Пирит II		—————	
Арсенопирит		—————	
Халькопирит	- - - - - ?	—————	
Сфалерит		—————	
Галенит		—————	
Теннантит		—————	
Шеелит		- - - - - ?	
Вольфрамит		- - - - - ?	
Самородное золото		—————	
Теллуриды Bi, Pb, Ag, Hg		—————	
Молибденит		—————	
Касситерит		- - - - - ?	
Кварц III			—————
Пирит III			—————
Марказит			—————
Киноварь			- - - - - ?

Для некоторых рудных тел 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 Берёзовый Лог. Теллуриды наиболее характерны для интервалов с высокими содержаниями золота и являются минералами, образовавшимися в одном с ним парагенезисе. Этот вывод подтверждается пространственной привязанностью теллуридов к гнездам золота, в которых они нередко образуют совместные сростания. Наиболее распространёнными являются теллурувисмутит, раклиджит и алтаит, менее распространены гессит и волинскит. Колорадоит об-

наружен в одном случае. Размеры зёрен теллуридов составляют сотые доли миллиметра, очертания вытянутые ксеноморфные. Теллурувисмутит, раклиджит, волинскит и гессит вкраплены среди нерудных минералов и нередко образуют сростания с золотом, алтаит отмечается вкрапленным в пирите в непосредственной близости от золота и других теллуридов.

**Шеелит** установлен в виде включений в пирите, барите и чаще всего кальците. Шеелит имеет гипидиоморфные очертания и размеры от первых микрон до 0,2 мм.

**Молибденит** отмечается крайне редко и в небольшом количестве, образует мельчайшую неравномерную рассеянную вкрапленность среди нерудных минералов, характерные размеры зёрен 1–10 мкм.

При минералогических исследованиях руд также были обнаружены редкие и единичные зёрна *касситерита*, *вольфрамит* и *киновари*.

Таким образом, золотое оруденение участка Берёзовый Лог на вещественном уровне представлено в разной степени метасоматически преобразованными и сульфидизированными (от 0,5 до 5%) породами. Главными рудными минералами являются пирит и пирротин, второстепенными – арсенопирит и халькопирит. Золото присутствует в свободной форме, характеризуется как средне-высокопробное, вкраплено гнёздами в прокварцованных участках пород. По размерности оно относится к тонкодисперсному, пылевидному и тонкому классам крупности.

Обобщая результаты проведённых исследований, можно установить примерную последовательность минералообразования золотого оруденения участка Берёзовый Лог (табл. 2).

Выделяются три стадии минералообразования:

1. Первая предшествовала основному оруденению. В сопровождении повышенной тектонической активности по зонам катаклаза происходила циркуляция среднетемпературных гидротермальных флюидов в условиях кислотного выщелачивания [1]. В процессе образования серицит-кварцевых метасоматитов и, по-видимому, в конце стадии сформировались крупные гнёзда пирита I и пирротина. Эта стадия подготовила почву для дальнейшего отложения рудного вещества.

2. Во вторую с продолжающимися процессами тектонического дробления происходило отложение рудных и сопутствующих минералов. Из насыщенных рудоносных растворов в более низкотемпературных условиях происходило отложение продуктивной прожилково-гнездовой ассоциации, состоящей из мелкозернистого кварца второй генерации, кальцита, хлорита-пеннина, барита, а также таких рудных минералов, как пирит II, арсенопирит, халькопирит, галенит, сфалерит, теннантит, золото, теллуриды Bi, Pb, Ag, Hg, молибденит и предположительно шеелит, вольфрамит и касситерит.

3. На заключительной, третьей при затухании гидротермальной деятельности, в низкотемпературных условиях происходит образование халцедоновидного кварца, кальцита, пирита III, марказита.

Подведём некоторые итоги, характеризующие золотое оруденение Вилюйской площади. Проведёнными

работами установлено, что перспективные участки находятся в области влияния нескольких сближенных субпараллельных разломов. Выявленные золоторудные зоны контролируются зонами тектонического расщепления, милонитизации и брекчирования. Золотое оруденение Вилюйской площади, несомненно, имеет пространственную связь с интрузивными породами западноверхисетского комплекса.

С точки зрения авторов данной статьи, золоторудные объекты Вилюйской площади несут в себе некоторые признаки оруденения порфирирового типа. К ним относятся:

- площадное и зональное развитие метасоматитов пропилюитовой, кварц-серицитовой и аргиллизитовой формаций с сульфидной минерализацией;
- оруденение, представляющее собой штокверки, зоны прожилково-вкрапленной минерализации;
- значительный масштаб оруденения – по простиранию 4 км, в ширину 0,8 км. Размеры рудных тел: по простиранию – от сотен метров до 1 км, по падению – сотни метров, возможно более; мощность – десятки метров.

В заключение необходимо отметить, что наиболее важными и очевидными являются структурно-тектонический, магматический и метасоматический факторы локализации изученного золотого оруденения. Формирование оруденения происходило в несколько стадий, подчиняясь разорванному по времени внедрению разнофазовых интрузий западноверхисетского комплекса. Наиболее продуктивной является стадия, проявившая себя после внедрения плагиогранит-порфириров и гранодиорит-порфириров второй фазы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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