

Минералого-геохимические поисковые признаки золото-полисульфидно-кварцевого оруденения в ряду «коренной источник – кора выветривания – россыпь» (на примере Урала)

Рассмотрены особенности золото-полисульфидно-кварцевой минерализации штокверкового типа в интрузивных массивах в ряду «коренной источник – кора выветривания – россыпь» на примере месторождений Среднего и Северного Урала. Показано изменение признаков самородного золота в экзогенных условиях.

Ключевые слова: золото-полисульфидно-кварцевая минерализация, кора выветривания, типоморфизм самородного золота.

ЗУБОВА ТАТЬЯНА ПЕТРОВНА, старший научный сотрудник, zubova@tsnigri.ru

ПОЗДНЯКОВА НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, natali-silver@bk.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

Mineralogical and geochemical characteristics for exploration of gold-polysulfide-quartz mineralization from ore through weathering crust to placer

T. P. ZUBOVA, N. N. POZDNYAKOVA

Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

We studied the peculiarities of the stockwork type gold-polysulfide-quartz mineralization in intrusive massifs and their modification from ore through weathering crust to placer on the examples of deposits from the Middle and Northern Urals. This allowed us to demonstrate the transformation of native gold features under the supergene conditions.

Key words: gold-polysulfide-quartz mineralization, weathering crust, native gold typomorphism.

Введение. Изучение минералого-геохимических изменений в ряду «коренной источник – кора выветривания – россыпь» является одним из важнейших направлений при проведении геологоразведочных работ (ГРП), а полученные данные необходимы для выявления поисковых признаков и их дальнейшего использования при работе на аналогичных объектах.

Данная работа подготовлена на основе обобщения информации по некоторым месторождениям и рудопроявлениям Среднего и Северного Урала с золото-полисульфидно-кварцевым оруденением в магматических массивах продуктивных адамеллит-плагио-гранитной и габбро-диорит-гранодиоритовой формаций позднедевонского возраста, в пределах которых широко развиты мезозойские коры выветривания: Ларьковское, Первомайско-Зверевское и других.

Геолого-минералогическая характеристика рудной минерализации дана в обобщенном виде по материалам А. И. Александрова (1962), А. Г. Баранникова

(1990, 1992), Р. О. Берзона, Н. М. Риндзюнской (1994), Г. В. Ручкина, Ч. Х. Арифупова (2008), Г. В. Тычковой, А. П. Татарникова и др. (1980), В. Б. Чекваидзе, Б. С. Зелликсона, И. З. Исакович (2002), В. Н. Хрыпова (1997).

Объектом исследования авторов являлась кора выветривания с определением особенностей её вещественного состава и типоморфных признаков золота. Линейно-площадная кора выветривания, развивающаяся по золото-полисульфидно-кварцевой минерализации штокверкового типа в интрузивных массивах, как правило, имеет россыпеобразующее значение. С данным типом золотого оруденения нередко связаны наиболее богатые и протяжённые россыпи. Коры выветривания являются промежуточным коллектором, в котором происходят разрыхление материала и высвобождение золота из сростков. При этом они сами преобразуются в щебнисто-песчано-глинистые гипергенные руды с преобладанием свободного золота гравитационных классов крупности (60–90%).

Иногда золотоносные коры выветривания (ЗКВ) с золотом гравитационных классов крупности принимают за погребённые россыпи, за счёт обогащения таким золотом верхних горизонтов коры выветривания при частичном перемыве рыхлого материала.

Месторождения ЗКВ могут быть легко освоены с применением современных гравитационных установок с доизвлечением золота цианированием хвостов гравитации. Масштабы таких месторождений невелики, но рентабельность их высокая.

Важно отметить, что остаточная золотоносная кора выветривания нередко наследует информацию о рудной минерализации, с которой имеет тесные пространственные и генетические связи, но за счёт процессов глубокого выветривания в ней происходят дифференциация вещества первичных руд, изменение минерального и химического состава руд и рудовмещающих пород, типоморфных признаков золота и его минеральных соединений, морфологии рудных тел и условий их залеганий, технологических свойств руд.

Систематические исследования сопровождались большим количеством лабораторных анализов: литологического, полуколичественного минералогического, золото-атомно-абсорбционного, спектрального полуколичественного на 26 элементов, масс-спектрометрического (ICP MS), силикатного, рентгено-спектрального микроанализа (РСМА), определения типоморфизма золота и его внутреннего строения с помощью многократного структурного травления монтированных аншлифов с золотинами раствором CrO_3 в HCl .

Геолого-минералогическая характеристика рудной минерализации. Описываемый в работе тип золоторудной минерализации приурочен к кварцевым, полевошпат-кварцевым жилам и прожилкам, образующим трещинные (штокверковые) зоны, часто в апикальных частях интрузий гранодиоритов, кварцевых диоритов, либо в них самих, либо на контактах с породами, которые они прорывают: андезитобазальтами, серпентинитами [1, 5].

Мощность кварцевых жил варьирует от нескольких сантиметров до нескольких метров. Содержания золота в них в среднем – 3–10 г/т, в отдельных гнездах значения его могут достигать 80–600 г/т.

В рудах абсолютно преобладает кварц разнообразного текстурно-структурного облика. Подчинённое значение имеют карбонаты, серицит, альбит, хлорит, турмалин. Количество сульфидов не превышает 7–12%. Главным среди них является пирит, в подчинённых количествах встречаются другие рудные минералы: арсенопирит, галенит, блёклые руды, халькопирит, сфалерит, шеелит. Присутствие послед-

них в кварцево-жилных зонах обуславливает проявление геохимических ореолов Au, Cu, Pb, Zn, Ag, Bi, W, Mo, As, контрастность которых зависит от количества рудной минерализации.

Кварцевые жилы и жилные зоны сопровождаются кварц-серицитовыми оторочками, переходящими во внешние зоны в хлорит-карбонат-серицитовые метасоматиты. Часто рудная минерализация штокверковых зон находится в ореолах пирротин-халькопирит-пиритовой вкрапленности и прожилкования [4].

Характеристика золотоносной коры выветривания. В пределах пенепленизированных поверхностей, в бортах, частично днищах эрозионно-карстовых депрессий по штокверковому орудуению и по крупным жилным полям формируется *остаточная кора выветривания линейно-площадного типа*. На Среднем и Северном Урале в основном сохранилась кора выветривания неполного профиля, в которой выделяются две нижние зоны: 1) дезинтеграции и 2) гидратации и начального выщелачивания с сохранением, как правило, текстурно-структурных особенностей пород. Нередко можно наблюдать, как глинизированный материал гранодиоритов пронизан дезинтегрированными, часто ожелезнёнными кварцевыми жилами и прожилками (рис. 1). Мощность коры выветривания может достигать 40 м, в линейных зонах – 100 м.

Количество глинистого материала при выветривании алюмосиликатных пород варьирует от 30 до 60%. Состав верхних горизонтов коры выветривания преимущественно кварц-слюдисто-хлорит-сметитовый, при глубоком выветривании – каолинитовый. Снизу вверх по разрезу накапливаются Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , MnO_2 , TiO_2 , выносятся Na_2O , K_2O , CaO , CO_2 , $\text{S}_{\text{сульф.}}$, происходит уменьшение объёмной массы пород.

Среди минералов тяжёлой фракции в шлиховых пробах в связи с окислением сульфидов и темнокрасных минералов преобладают гидроксиды железа и марганца; в незначительном количестве (> 1–3%) сохранились магнетит, гематит, хромит, ильменит, пирит. В лёгкой фракции преобладают кварц «рудного» облика, кавернозный, обохренный, а также глинизированный полевой шпат. Как правило, гидроксиды железа, образующие псевдоморфозы по сульфидам, тёмно-коричневого цвета. Они сохраняют остаточные концентрации рудных элементов, что позволяет при использовании аналитических методов (ICP AES, ICP MS) установить специализацию рудной минерализации, подвергшейся выветриванию.

В остаточной несмещённой коре выветривания «in situ» контрастность и морфология ореолов золота и его элементов-спутников аналогична рудной минерализации (см. рис. 1).

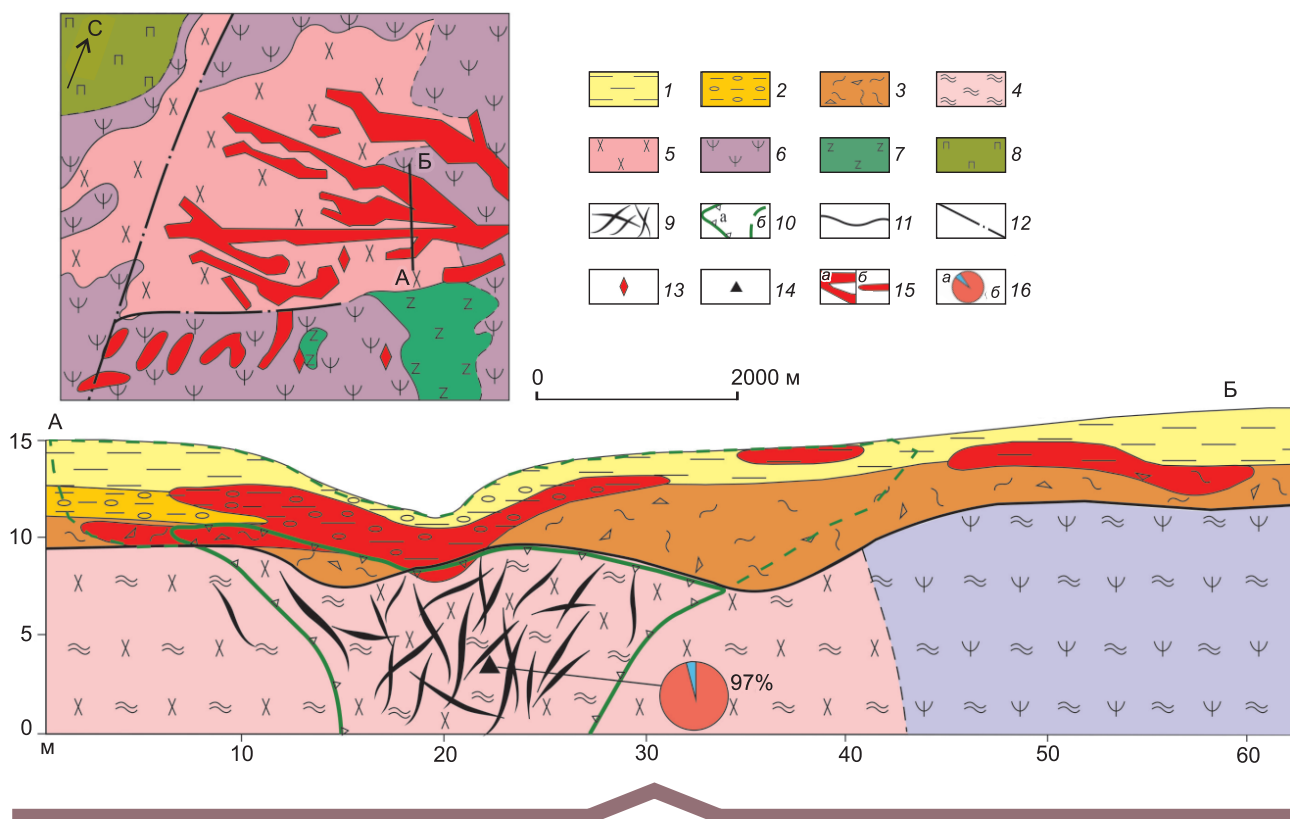


Рис. 1. Геологическая карта и схематический геологический разрез (А-Б) Ларьковского месторождения. Составлены с использованием материалов Южно-Заозёрского прииска, Г. В. Тычкова, А. П. Татаринев и др., 1980:

1 – покровные четвертичные суглинки; 2 – аллювиальные отложения; 3 – слабоперемытая кора выветривания; 4 – остаточная структурная кора выветривания; 5 – интрузивные породы габбро-гранодиоритовой формации; 6 – серпентиниты; 7 – габбро; 8 – оливинные пироксениты; 9 – прожилки кварца; 10 – комплексный геохимический ореол Au*Cu; 11 – кровля коры выветривания; 12 – тектонические нарушения; 13 – рудопоявления золото-полисульфидно-кварцевой формации; 14 – место отбора технологической пробы; 15 – россыпь золота: а – на карте, б – на разрезе; 16 – результаты технологического опробования (в %): а – гравитационное золото, б – свободное тонкое золото

В перекрывающих ЗКВ покровных отложениях также фиксируются геохимические аномалии Au, Ag, Cu, Hg, Mo, Zn, но с понижением их контрастности, что было установлено при проведении работ в пределах Ларьковского рудного поля (Н. М. Риндзюнская, В. Б. Чекваидзе, Б. С. Зеликсон, И. З. Исакович и др., 2002).

Среднее содержание золота в коре выветривания по объектам Урала (Гравянское, Вилуёйское, Ларьковское, Кремлевское, Первомайско-Зверевское, Чесноковское) составляет 2 г/т, сохраняется неравномерный, как правило, гнездовой характер его распределения. Возможно, более низкие содержания золота в коре выветривания по сравнению с первичными рудами связаны с особенностями ранее проводимого опробования, когда в пробу отбиралась лишь половина керна, в которую из-за неравномерного распределения золота, его крупные частицы в навеску могли не попасть.

За счёт глинизации субстрата происходит высвобождение золота из дезинтегрированных кварцевых прожилков. Количество его, извлекаемое гравитационными методами, составляет в среднем 90%, в то время как из первичных руд – 63–65%.

Соотношение гравитационного и тонкого золота в коре выветривания сильно варьирует даже на небольшом интервале. Технологические испытания трёх проб из коры выветривания Ларьковского месторождения, проведённые в «ЦНИГРИ» (Н. М. Риндзюнская и др., 2002), показали, что в одной из проб на долю гравитационного золота приходится 97%, в пробе, отобранной в 20 м от первой, количество его составляет 44%, в третьей пробе преобладает тонкое золото (95%). Тонкое и тонкодисперсное золото сосредоточено как в остаточном пирите (до 25 г/т), так и в алевро-пелитовой фракции (0,3–0,4 г/т).

Остаточная ЗКВ часто является промежуточным коллектором для образования россыпей ближнего

сноса (пролювиальных, делювиально-пролювиальных), которые имеют ограниченные по протяжённости размеры (от первых десятков метров до 1,5–2 км, редко больше), приурочены к склонам, за счёт чего имеют значительные уклоны плотика. Отложения, слагающие тело россыпи, являются продуктом частичного перемива коры выветривания и характеризуются высокой глинистостью, слабопроявленными процессами сепарации. Часто пласты россыпи находятся над минерализованными зонами в коре выветривания (см. рис. 1).

В минералогическом составе шлиховых проб, отобранных из россыпей ближнего сноса, отмечаются повышенные количества гидроксидов железа, встречаются полуокисленный пирит, обломки пород с вкрапленностью рудных минералов и признаками метасоматических изменений. Обломочный материал имеет разную степень окатанности: от остроугольных обломков до полу-среднеокатанных, редко хорошо окатанных.

В отдельных случаях в условиях высокого пене-плена из верхних горизонтов коры выветривания возможен вынос мелкого материала одновременно с выносом мелкого и тонкого золота и перемещением относительно крупного золота в нижние горизонты. На таких участках сохраняется только остаточный щебнисто-глинистый элювий с промышленными содержаниями золота повышенной гидравлической крупности: преобладают крупные и средние частицы; мелкие и тонкие составляют менее 30%. Таким путём может формироваться *плащеобразная золотосносная залежь*, которую из-за её субгоризонтального положения можно принять за погребённую россыпь. Фактически это частично размытая кора выветривания, в составе которой присутствуют щебень местных невыветрелых пород, глыбы кварца, связанные каолинит-гидрослюдистой глинистой массой; нередко в них стяжения лимонита. Мощность продуктивного пласта, как правило, может составлять 0,2–1,0 м; он имеет изометричную форму, в плане иногда вытянут за счёт особенностей рельефа. Подобный механизм образований концентрации золота в коре выветривания, названный Н. М. Риндзюнской гравитационно-суффозионным [6], по её мнению, может привести к увеличению содержания металла на этих участках до 0,3–11 г/м³ (0,15–5 г/т). Такая ситуация наблюдалась на Первомайско-Зверевском рудном поле Среднего Урала [2].

В делювиально-пролювиальных отложениях минерализованная зона находит отражение в геохимических полях. Геохимические аномалии имеют большую площадь распространения (как бы «шляпка гриба» над минерализованной зоной) либо смещены по склону вниз; их контрастность может умень-

шиться на порядок по сравнению с корами выветривания и коренными породами.

Преобразование типоморфных признаков золота в ряду «коренной источник – кора выветривания – россыпь». При изучении преобразований золоторудной минерализации в экзогенных условиях в ряду «коренной источник – кора выветривания – россыпь», особое место отводится самородному золоту, на котором отражаются следы его пребывания в разных геологических обстановках, как гипогенных, так и гипергенных.

Размер самородного золота в *первичных рудах* варьирует в широких пределах: от мелких до крупных (0,15–0,8 см), вплоть до самородков, также нередки сростания его с кварцем и (или) с сульфидами (рис. 2). Для золотин характерны объёмные комковидные и кристаллической формы, реже дендритовидные и проволоковидные выделения, встречаются трещинные частицы (прожилково-пластинчатые, прожилково-чешуйчатые). Структура выделений золота моно- и полизернистая, с двойниками.

На участках развития стержневых золото-сульфидно-кварцевых жил (Наилинское, Кашеевский шток) золото более крупное, чем в штокверковых прожилково-вкрапленных зонах, где оно мельче, а часть заключена в сульфидах в виде микровключений.

Пробность золота варьирует в пределах 784–980‰, в среднем – 919‰, что характерно для золотин, относимых к золото-полисульфидно-кварцевой формации, в отличие от золото-кварцевой, где средняя пробность золота составляет 943‰, при разбросе значений от 870 до 972‰. По данным В. В. Мурзина (1983), пробность золота колеблется в зависимости

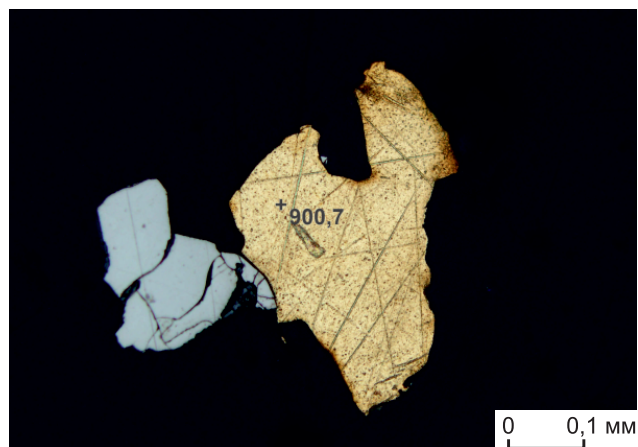


Рис. 2. Сростание самородного золота (жёлтое) с пиритом (серое). Первомайско-Зверевское рудное поле Среднего Урала. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

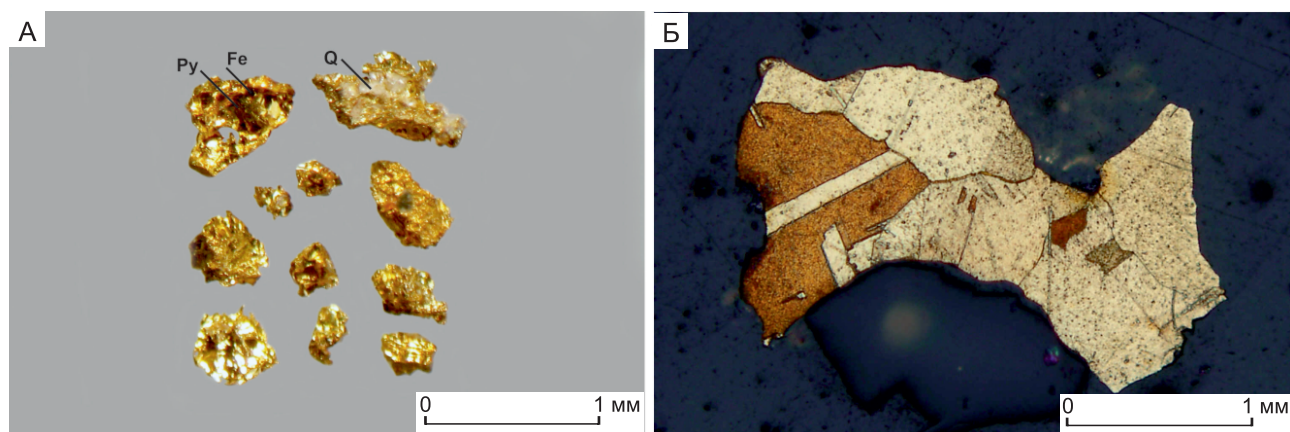


Рис. 3. Золото «рудного» облика из пласта россыпи, недавно высвободившееся из коренного источника без признаков гипергенных преобразований: А – трещинно-прожилковидные и гемиидиоморфные частицы в сростании с кварцем (Q), пиритом (Py) и включениями гидроксидов железа (Fe) по сульфидам, Б – структура высокопробной золотины зернистая, двойниковая. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$. Первомайско-Зверевское рудное поле Среднего Урала

от минеральной ассоциации. Отмечается тенденция понижения пробности золота от ранних ассоциаций к более поздним; эта тенденция может быть осложнена появлением на поздних стадиях минералообразования высокопробного золота, ассоциирующегося с теллуридами. В золоте, кроме Ag, отмечаются примеси Cu, Te, Bi, Hg, W, иногда Sn, As, Pt.

Описанные выше особенности выделений рудного золота сохраняются в россыпях, формирующихся вблизи коренного источника. Для них характерно

присутствие золотины «рудного» облика, частые сростания золота с кварцем, неокисленными или частично окисленными сульфидами; внутреннее строение ненарушенное (разнозернистая структура с чёткими границами двойников) (рис. 3).

В коре выветривания гравитационное золото в целом сохраняет морфологию рудного золота; на 70–90% преобладают частицы комковидной формы, кристаллы, в меньшем количестве присутствуют трещинно-прожилковые и дендритовидные выделения.

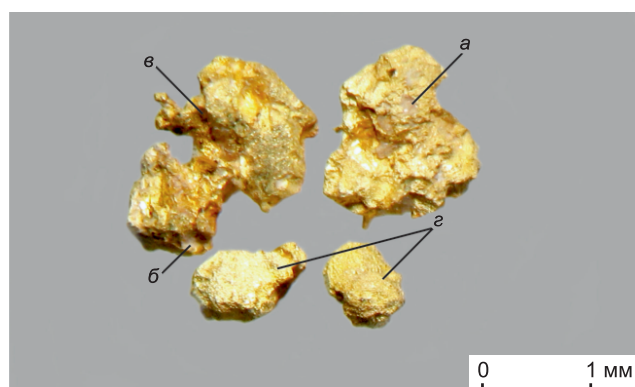


Рис. 4. Золото неокатанное, с оглаженными выступами, с включениями кварца (а), глинистых минералов (б) и примазками гидроксидов железа (в). На ямчато-бугорчатой поверхности видны чёткие следы выщелачивания (г) в результате пребывания золотины в коре выветривания. Невьянско-Аятская площадь Среднего Урала

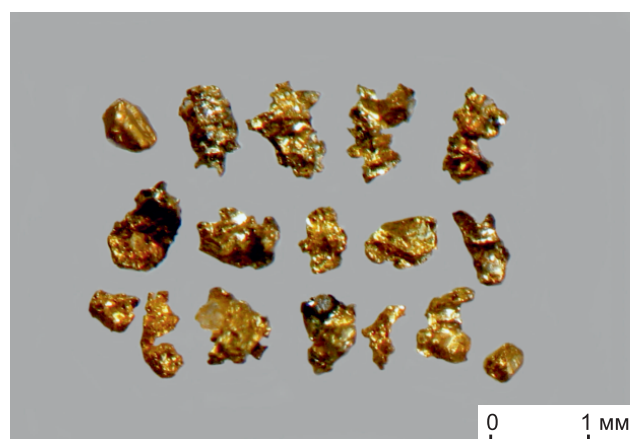


Рис. 5. Золото «рудного» облика из коры выветривания с включениями кварца и сульфидов, в плёнках гидроксидов железа. Первомайско-Зверевское рудное поле Среднего Урала

В зависимости от интенсивности корообразовательных процессов происходит «растворение» поверхности золотин, особенно на выступах, частицы приобретают «оглаженный/оплавленный» вид, а поверхность становится занозисто-губчатой микропористой (рис. 4). Оглаженность часто путают с окатанностью, приобретённой золоти́нами при перемещении в россыпи.

Широко распространено золото в сростании с кварцем, часто обохренным, ожелезненным, а также с окисленными и полуокисленными сульфидами. На поверхности золота и в углублениях присутствуют примазки гидроксидов железа и глинистых минералов (рис. 5).

В структуре золотин в результате гипергенных процессов в коре выветривания появляются и разрастаются межзерновые высокопробные прожилки (рис. 6), также формируются широкие диффузионные зоны с выносом Ag и других элементов-примесей с размытой границей от сохранившегося реликтового матрикса к краевым зонам (рис. 7, А). Край частиц при этом становится тонкозанозистый, мелкопористый (см. рис. 7, Б).

В структуре золота из более зрелой коры выветривания (как правило верхние горизонты профиля выветривания) отмечается увеличение мощности высокопробной коррозионной оболочки, вплоть до полного преобразования частиц золота без сохранения его реликтов. Встречается новообразованное (гипергенное, вторичное) золото натёчно-почковидной фор-

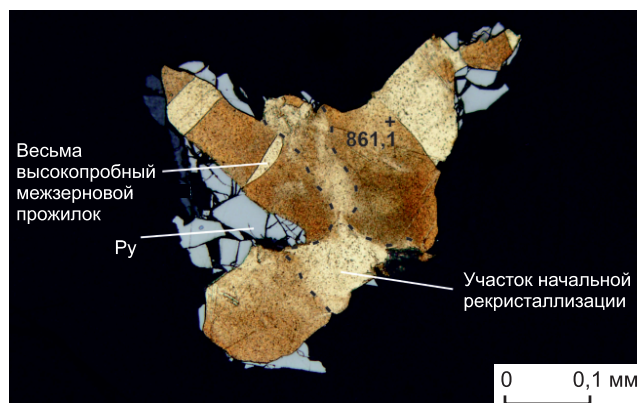


Рис. 6. Структура золоти́ны «рудного» облика в сростании с пиритом (Pb) из пласта россыпи, недавно высвободившееся из коренного источника со слабыми гипергенными преобразованиями: высокопробными прожилками и начальным разрушением (рекристаллизацией) зёрен, выраженная в размытости их контуров. Первомайско-Зверевское рудное поле Среднего Урала. Монтпр. полпр. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

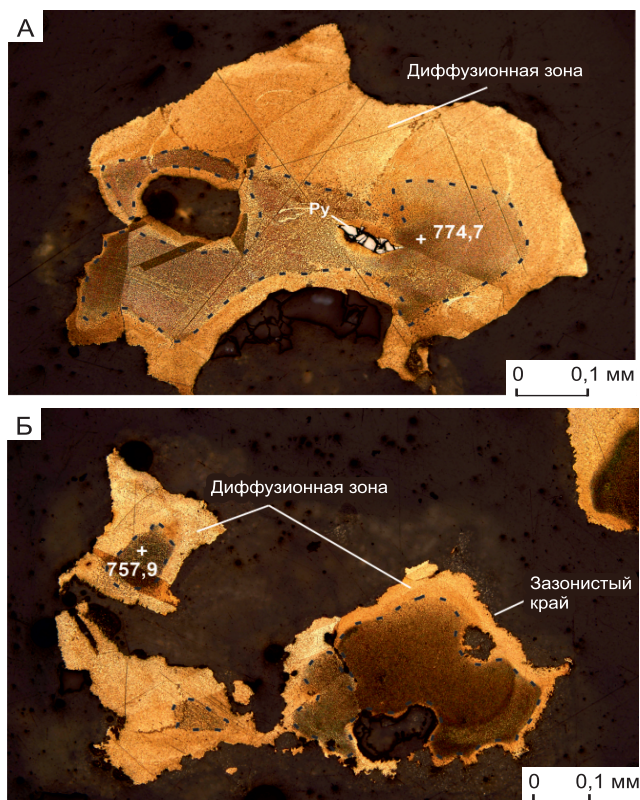


Рис. 7. Неяснозернистое внутреннее строение «рудного» золота с включениями рудных минералов (Pb) и следами пребывания в коре выветривания: А – широкая диффузионная зона, обеднённая Ag, Б – край золоти́ны мелкопористый, тонкозанозистый. Невьянско-Аятская площадь Среднего Урала. Монтпр. полпр. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

мы, охристо-коричневого цвета с ямчато-бугорчатым микрорельефом.

В результате механических воздействий при просадке в щебнисто-глинистом материале коры выветривания возникают нарушения внутренней структуры золота – происходит деформация его двойников (рис. 8), а на поверхности частиц можно наблюдать единичные борозды и шрамы.

Пробность золота в коре выветривания увеличивается, её значения колеблются в диапазоне 868–998‰, в среднем составляя 936‰; в центральной (реликтовой) некорродированной части зёрен сохраняются элементы-примеси, характерные для рудного золота (Cu, Ag, Pb, W).

По мере удаления от коренного источника, в пролювиальных и делювиально-пролювиальных россыпях, золоти́ны уплощаются, незначительно окатываются (до полуокатанного класса), выступы обминаются (рис. 9). Золото нередко находится в сростании с кварцем. На его поверхности сохраняются примазки

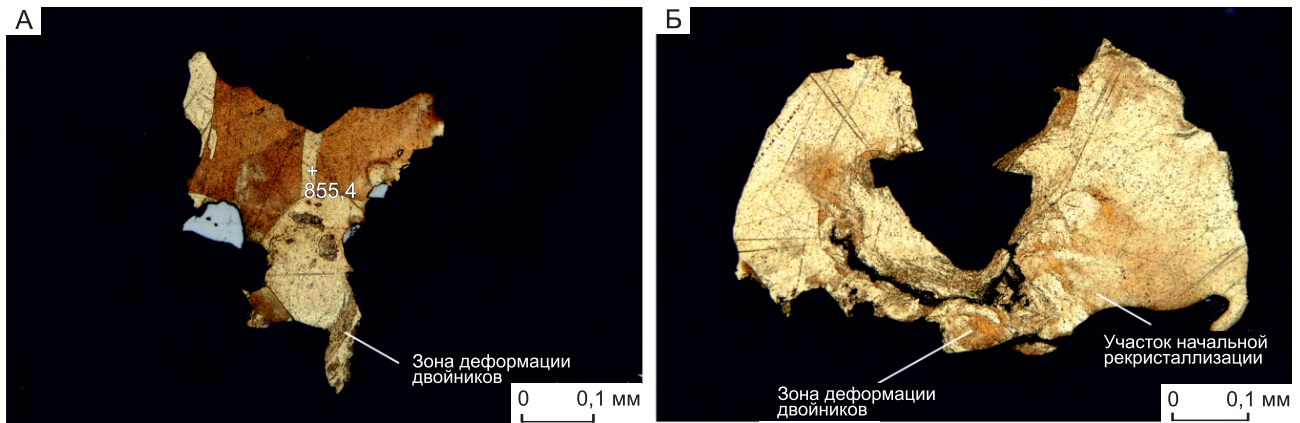


Рис. 8. Внутреннее строение золота из коры выветривания: А – деформация двойников в краевой части зерна за счёт просадки золотины в зоне дезинтеграции коренных пород, Б – более интенсивная деформация с зонами трансляций по периферии зерна – результат механических воздействий (просадки частиц) и признаки начальной рекристаллизации золотины – результат длительного пребывания частицы в глинистой коре выветривания. Первомайско-Зверевское рудное поле Среднего Урала. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

гидроксидов железа, часто образуются борозды и шрамы волочения (рис. 10).

В россыпях ближнего сноса коррозионная оболочка (отражение пребывания в коре выветривания) неравномерно истирается за счёт слабых гидравлических перемещений (рис. 11). Изучение внутреннего строения золота при этом показывает, что границы двойников становятся нечёткими, происходит перекристаллизация коррозионного слоя. Пробность, как правило, выше 900 ‰. Это на 30–50 ‰ больше, чем

в реликтовом рудном золоте из-за гипергенных преобразований.

При значительном удалении от коренного источника в россыпях золото очищается от минеральных примесей, которые сохраняются только в углублениях, уплощается, ещё сильнее окатывается (до средне- и хорошо окатанного), поверхность его выравнивается и уплотняется (рис. 12). Дальнейшие преобразования остаточного самородного золота в россыпях также отражаются и в структуре золота.



Рис. 9. Полуокатанные уплощённые сростки кристаллов золота из россыпи ближнего сноса с примазками глинистых минералов и локальными плёнками гидроксидов железа, с ямчато-бугорчатой или выровненной поверхностью. Невьянско-Аятская площадь Среднего Урала

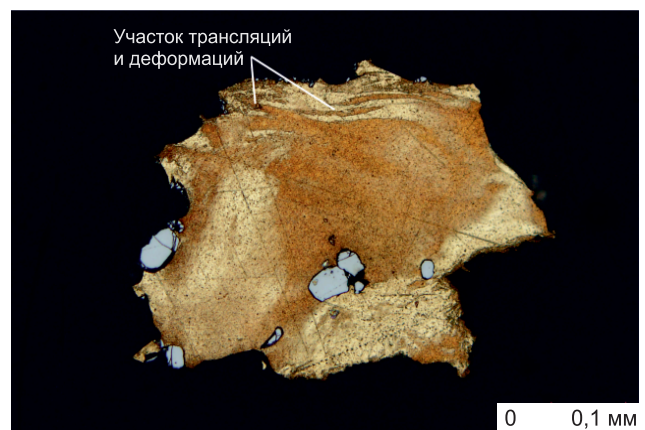


Рис. 10. Структура золота из россыпи ближнего сноса с участками трансляций и деформаций в периферических слоях частицы, с сохранившимся первичным неяснозернистым строением. Невьянско-Аятская площадь Среднего Урала. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

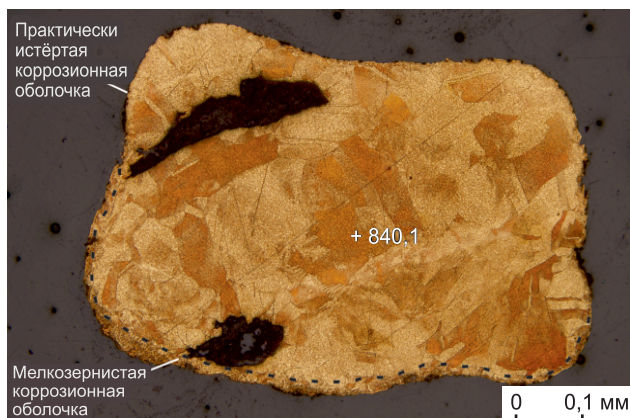


Рис. 11. Зернистая структура полуокатанного золота из россыпи ближнего сноса. Коррозионная оболочка неравномерно истёртая, перекристаллизованная, мелкозернистая. Невьянско-Аятская площадь Среднего Урала. Монтир. полир. шлиф, травление $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$

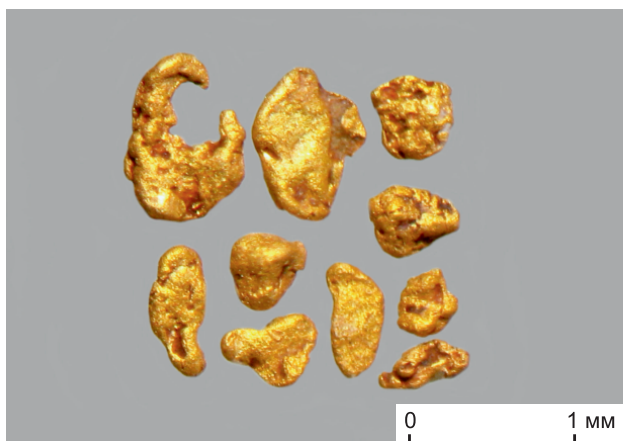


Рис. 12. Полу-, среднеокатанные уплощённые сростки кристаллов, гемиидоморфные и комковидные золотины. Края деформированные; поверхность уплотнённая, выровненная бугорчатая, частично истёртая; кварц, гидроксиды железа и глинистые минералы сохраняются только в углублениях. Невьянско-Аятская площадь Среднего Урала

Заключение. При изучении преобразований золото-полисульфидно-кварцевой минерализации в ряду «коренной источник – кора выветривания – россыпь» на примере месторождений Среднего и Северного Урала авторами выявлен комплекс признаков, который можно использовать для решения поисковых задач. Эти признаки с учётом материалов

других авторов обобщены в таблице. Особое внимание отводится изучению *типоморфизма самородного золота*.

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

1. Для самородного золота золото-полисульфидно-кварцевой минерализации характерны гравитационные классы крупности. Морфология зёрен – кристаллическая, комковидная, реже дендритовидная и проволоковидная, иногда трещинная. Для золотинок характерно моно- и полизернистое внутреннее строение, нередко с двойниками, с чёткими границами между зёрнами.

В коре выветривания морфология сохраняется, но происходит обминание, притупление и сглаживание выступов и рёбер. В зависимости от зрелости коры выветривания, для остаточного золота характерны срастания его как с первичными минералами – кварцем и сульфидами, так и минералами, образующимися при окислении – оксидами и гидроксидами железа, и появление скоплений глинистых минералов в углублениях поверхности. О времени и интенсивности пребывания золота в коре выветривания свидетельствуют возникновение на его поверхности занозисто-губчатого, микропористого рельефа, появление и разрастание в структуре золотинок высокопробных обособлений, прожилков, зон промежуточного состава с пониженным содержанием Ag и коррозионных кайм. За счёт просадки золота на более низкие гипсометрические уровни в коре выветривания нарушается внутреннее строение золотинок, то есть происходит деформация его двойников с дальнейшей рекристаллизацией зёрен.

При переносе золота и перемыыве коры выветривания на незначительные расстояния, при которых образуются делювиально-пролювиальные россыпи, происходят слабое окатывание, уплощение частиц, обмятие выступов золотинок, образование на поверхности частиц единичных борозд и шрамов волочения, неравномерное истирание коррозионного слоя, в золотишках границы двойников и зёрен структуры становятся нечёткими.

По мере удаления от коренного источника повышается окатанность золота, изменяется его морфология, что находит отражение и в преобразовании структуры частиц.

2. Признаки рудной минерализации отражаются в вещественном составе коры выветривания и связанных с ней россыпях. К ним можно отнести, кроме золота, присутствие сульфидов. Их преобладание над гидроксидами железа свидетельствует о незначительных преобразованиях рудной минерализации в зоне гипергенеза. Обилие гидроксидов железа, присутствие окисленного пирита, выветрелых обломков пород с признаками метасоматических изменений,

кварца «рудного» облика, но кавернозного и обохренного – признаки изменений золото-полисульфидно-кварцевой минерализации в коре выветривания. В делювиально-пролювиальных отложениях эти свойства сохраняются, но отдельные обломки пород и минералы могут иметь слабоокатанный об-

лик за счёт незначительного перемива верхних горизонтов коры выветривания. Как правило, эти отложения высокоглинистые.

3. В остаточной несмещённой коре выветривания «in situ» контрастность и морфология ореолов золота и его элементов-спутников аналогична рудной

Минералого-геохимические поисковые признаки золото-полисульфидно-кварцевого оруденения в интрузивных массивах в ряду «коренной источник – кора выветривания – россыпь»

Поисковые признаки	Рудное проявление, месторождение	Остаточная линейно-площадная золотоносная кора выветривания	Делювиально-пролювиальные (ближнего сноса) россыпи
Минералогические	Кварц-серицитовые, хлорит-карбонат-серицитовые изменения вокруг кварцевых жильно-прожилковых зон	Гидроксиды железа, марганца, много обохренного, кавернозного кварца «рудного» облика, остаточные – магнетит, хромит, окисленный пирит	Обломки пород разной степени окатанности, преобладают плохо окатанные и неокатанные, повышенное количество гидроксидов железа, кварц ожелезнённый
Геохимические	Комплексные ореолы Au, Cu, Ag, Bi, W, Mo, As, Hg, вокруг штокверковых зон золото-полисульфидно-кварцевой минерализации	В несмещённых корах выветривания сохраняются остаточные ореолы Au и его элементов-спутников, морфология которых повторяет морфологию минерализованных зон	Морфология ореолов Au и его элементов-спутников имеет плащеобразную форму, превышая размеры остаточных ореолов в коре выветривания
Типоморфизм самородного золота	Золото разных гранулометрических классов. Преобладают объёмные комковидные и кристаллические формы. Структура золота моно-, полизернистая, с двойниками. В штокверковых прожилково-вкрапленных зонах, оно более мелкое, часть заключена в сульфидах в виде микровключений. Пробность золота варьирует в пределах 784–980 ‰, в среднем – 919 ‰	Преобладает свободное золото гравитационных классов крупности (90 ‰), в сростании с кварцем. Оно слабо окатано, с обмятыми, притупленными выступами и рёбрами. Поверхность его ямчато-бугорчатая, с примазками гидроксидов железа и глинистых минералов, часто сглаженного вида со следами «растворения» (тонкозаноцистая) и механических просадок (борозды, шрамы, царапины). Структуры рекристаллизации золота, с широкими диффузионными зонами за счёт выноса Ag, с высокопробными межзерновыми прожилками; коррозионная оболочка разной мощности, край частиц пористый. Пробность золота близка к рудному или может повышаться за счёт глубоких гипергенных преобразований	Золото разной окатанности (от слабо- до полу-окатанного), сохраняются сростания с кварцем и примазки гидроксидов железа, формы его нередко уплощаются. На поверхности часто видны борозды и шрамы волочения. Благодаря перемещениям золотин коррозионная оболочка уплотняется, истирается, становится неравномерной мощности. Структура золота моно-, полизернистая, границы двойников деформированные и нечёткие, особенно в краевых зонах частиц. Пробность золота, как правило, на 30–50 ‰ больше, чем у реликтового рудного за счёт глубоких гипергенных преобразований

минерализации, с понижением их контрастности в перекрывающих покровных отложениях.

Использование этих признаков помогает при интерпретации результатов поисковых работ, особенно на начальной стадии: при проведении геологических маршрутов, опробовании водотоков, площадных шлихо-геохимических работах, проходке горно-бурильных выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзон Р. О., Левитан Т. М. Формационная классификация золоторудных месторождений Урала // Труды ЦНИГРИ. – 1986. – Вып. 201. – С. 75–82.
2. Букрин Г. А., Баранников А. Г., Шуб В. С., Кузнецов В. Н. О механизме накопления свободного золота в продуктах мезозойской коры выветривания // Рудоносные формации зоны гипергенеза. Тезисы докладов всесоюзного совещания, 3–5 октября. – Л., 1990. – С. 52–53.
3. Мурзин В. В. Состав самородного Урала и его типоморфное значение. – Свердловск, 1983. – 58 с. Препринт.
4. Сазонов В. Н. Главные и редкие золотопродуктивные метасоматические формации Урала // Уральский геологический журнал. – 1999. – № 6 (12). – С. 35–100.
5. Сазонов В. Н., Огородников В. Н., Коротеев В. А., Поленов Ю. А. Месторождения золота Урала. – Екатеринбург, 1999. – 569 с.
6. Риндзюнская Н. М., Берзон Р. О., Полякова Т. П., Матвеева Е. В. Геолого-генетические основы прогноза и поисков месторождений золота в корках выветривания. – М.: ЦНИГРИ, 1995. – 128 с.

REFERENCES

1. Berzon R. O., Levitan T. M. Formatsionnaya klassifikatsiya zolotorudnykh mestorozhdeniy Urals [Formational classification of gold deposits in the Urals]. Trudy TSNIGRI, 1986, Is. 201, P. 75–82. (In Russ.)
2. Bukrin G. A., Barannikov A. G., Shub V. S., Kuznetsov V. N. O mekhanizme nakopleniya svobodnogo zolota v produktakh mezozoyskoy kory vyvetrivaniya [On the mechanism of accumulation of free gold in the products of the Mesozoic weathering crust]. Rudonosnyye formatsii zony gipergeneza. Tezisy dokladov vsesoyuznogo soveshcha-niya, 3–5 oktyabrya. Leningrad, 1990, P. 52–53. (In Russ.)
3. Murzin V. V. Sostav samorodnogo Urals i yego tipomorfnoye znachenije [Composition of the native Urals and its typomorphic significance]. Sverdlovsk, 1983, 58 p. Preprint. (In Russ.)
4. Sazonov V. N. Glavnnyye i redkiye zolotoproduktivnyye metasomaticheskiye formatsii Urals [The main and rare gold-bearing metasomatic formations of the Urals]. Uralskiy geologicheskiy zhurnal, 1999, No. 6 (12), P. 35–100. (In Russ.)
5. Sazonov V. N., Ogorodnikov V. N., Koroteyev V. A., Polenov Yu. A. Mestorozhdeniya zolota Urals [Gold deposits of the Urals]. Yekaterinburg, 1999, 569 p. (In Russ.)
6. Rindzyunskaya N. M., Berzon R. O., Polyakova T. P., Matveyeva Ye. V. Geologo-geneticheskiye osnovy prognoza i poiskov mestorozhdeniy zolota v korakh vyvetrivaniya [Geological and genetic bases for forecasting and prospecting for gold deposits in weathering crusts]. Moscow, TSNIGRI publ., 1995, 128 p.