

Отражение особенностей вещественного состава золотоносной коры выветривания в минералогических ореолах и геохимических аномалиях на примере отдельных участков Еравненской перспективной площади (Республика Бурятия)

Рассмотрены вещественный состав и золотоносность линейно-площадных кор выветривания Еравненской перспективной площади (Республика Бурятия), которые расположены в пределах комплексных золотосодержащих рудопроявлений. Приведены данные по типоморфным признакам золота и формам его нахождения. Показано проявление золоторудной минерализации в делювиально-пролювиальных отложениях. Сопоставлены эффективность и достоверность различных геохимических методов применительно к ландшафтным условиям площади работ.

Ключевые слова: золотоносные коры выветривания, железо-скарновые залежи, золоторудная минерализация, геохимические аномалии, минералы-индикаторы, типоморфизм золота.

АГИБАЛОВ ОЛЕГ АНАТОЛЬЕВИЧ, ведущий научный сотрудник, agibalov@tsnigri.ru

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

Reflection of peculiarities of the gold-bearing weathering crust composition in mineralogical halos and geochemical anomalies on the example of some sites of the Eravnensk prospective area, Republic of Buryatia

O. A. AGIBALOV, T. P. ZUBOVA, N. N. POZDNYAKOVA

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

The composition and gold-bearing potential of linear-areal weathering crusts of the Eravnensk prospective area in the Republic of Buryatia, that are located within complex gold-bearing ore prospects, are considered. Data on the forms of gold occurrence and some of the gold features are provided. The character of gold ore mineralization in deluvium and proluvium is shown. The effectiveness and reliability of various geochemical methods are compared in relation to the landscape conditions of the work area.

Key words: gold-bearing weathering crusts, iron-skarn deposits, gold mineralization, geochemical anomalies, indicator minerals, gold typomorphism.

Еравненская площадь расположена в одноимённом административном районе Республики Бурятия (рис. 1), находится в южной части Сосновского рудно-россыпного узла (РРУ). В её геологическом строении участвуют палеозойские осадочные и вулканогенно-осадочные породы олдындинской свиты нижнего кембрия (рис. 2). Часть территории занимают интрузивные образования Ви-

тимканского комплекса раннепалеозойского возраста, с внедрением которого связано формирование плутоногенно-гидротермальных железорудных объектов с промышленным содержанием меди и барита.

Рассматриваемая площадь расположена в пределах одноименной депрессии, где установлены проявления золота в коре выветривания Сосновское,



Рис. 1. Обзорная схема расположения Еравненской перспективной площади, Республика Бурятия

Белюты (Агибалов О. А. и др., 2015), золотосодержащее железорудное Укыр (Миронов А. А. и др., 2008). По породам разного состава развиты коры выветривания (КВ) мел-палеогенового возраста, в неогеновую эпоху претерпевшие частичный перемыв и переотложение. Красноцветные глины неогенового возраста сохранились в виде отдельных фрагментов.

Площадь характеризуется сглаженным рельефом, задернованностью и залесённостью склонов, заболоченностью долин, а иногда и водоразделов, повсеместным развитием островной мерзлоты, что обуславливает очень слабую обнажённость территории и вызывает определённые трудности при её геологическом изучении и в особенности при проведении геохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния (ВОР).

В настоящей работе авторы проследили, как золоторудная минерализация разного типа, претерпевшая изменения в коре выветривания, отражается в минералогических ореолах и геохимических аномалиях в перекрывающих отложениях. Одной из задач, решаемой авторами, является определение эффективности и достоверности различных геохимических методов в условиях выровненного рельефа с повсеместным развитием коры выветривания на основе опытно-методических работ (ОМР). В ходе ОМР на участках площади выполнялась проходка опорных профилей с отбором шлиховых и литохимических проб из копушей

глубиной 0,6 м. По шлиховым пробам проводился сокращённый минералогический анализ с попутным выделением золота, по литохимическим и шлиховым – комплекс исследований: атомно-абсорбционный на Au, золото-химико-спектральный, ICP AES на 33 элемента, приближённо-количественный спектральный на 45 элементов, ММІ–М (подвижные ионы металлов). В качестве контрольного использовался пробирно-атомно-абсорбционный анализ на Au. В работе учитывались материалы предшественников (Сагалуев Д. Д. и др., 1972; Бадерин А. М. и др., 1984 ф; Плясова С. Л. и др., 1984; Миронов А. А. и др., 2008 ф).

Золотосодержащее железо-скарновое *рудопроявление Укыр* расположено в истоках руч. Урудол (см. рис. 2). Золотая минерализация, предположительно золото-кварц-сульфидного типа, наложена на железорудные, преимущественно магнетитовые тела, приуроченные к скарнам (Сёмкин Г. А. и др., 1964 ф; Бадерин А. М. и др., 1984 ф; Плясова С. Л. и др., 1983 ф) и сопровождающиеся развитием зон пиритизации. В составе железорудных тел преобладают зернистые агрегаты магнетита с единичными каплевидными включениями пирита, пирротина, примесью углистого вещества. Среди нерудных минералов преобладают карбонаты.

По золотосодержащим железорудным залежам развита зона окисления мощностью 2,0–11,0 м, которая в приповерхностных делювиальных и делювиально-пролювиальных отложениях приобретает оранжево-коричневые оттенки.

Зона окисления представлена чёрным, тёмно-коричневым разрыхлённым материалом с обломками бурого железняка и магнетитовой руды. Количество алевро-пелитовой фракции варьирует в пределах 10–40%, в среднем – 20%. Преобладает песчаная фракция как продукт тонкой дезинтеграции исходной железной руды. Основные рудные минералы – остаточный магнетит, гидроксиды железа, встречаются примесь окисленного пирита, знаки самородного золота и меди. Алевро-пелитовая фракция состоит из гётита. Выход тяжёлой фракции шлиховых проб большой. На отдельных участках зоны окисления можно наблюдать остаточные дезинтегрированные прожилки кварца разной мощности (0,5–5,0 см) с вкрапленностью точечных охр лимонита как внутри прожилков, так и вокруг них, предположительно по сульфидам.

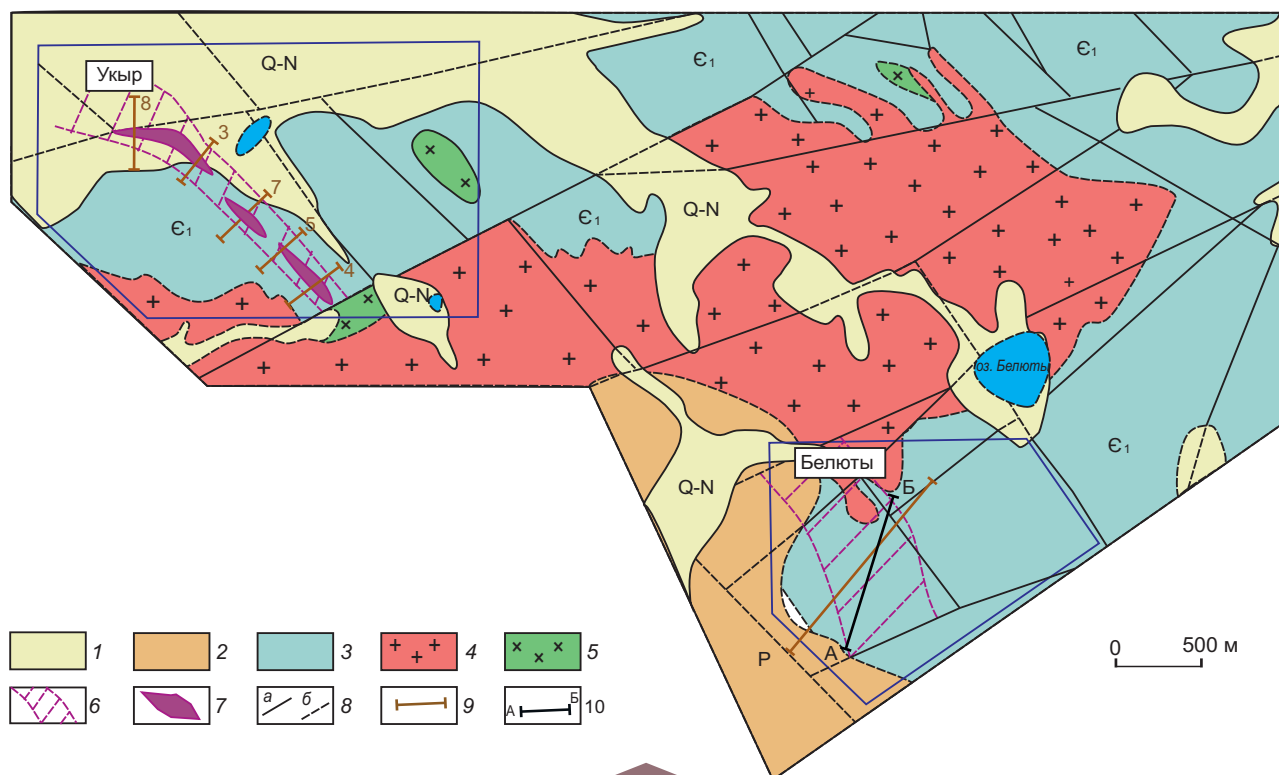


Рис. 2. Схема расположения участков Укыр, Белюты и их геологическое строение. По Миронову А. А. и др., 2008 ф, с упрощениями:

1–2 – отложения: 1 – неоген-четвертичного возраста, Q-N (пески, галечники, глины), 2 – палеоцен-эоценового возраста, P (глины пёстроцветные с галькой и дресвой); 3 – вулканогенно-осадочные породы олдындинской свиты нижнего кембрия, ϵ_1 (известняки, туфы, сланцы); 4–5 – интрузивные породы Витимканского комплекса палеозойского возраста: 4 – порфириовидные биотитовые граниты, 5 – биотитовые и роговообманковые диориты; 6 – минерализованные зоны с золотоносными корами выветривания; 7 – золотоносные железорудные тела; 8 – разрывные нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; 9 – шлихогеохимические профили и их номер; 10 – фрагмент геологического разреза по линии АБ

Авторами были установлены повышенные содержания золота (0,5–14 г/т) в продуктах выветривания магнетитовых руд.

По результатам геохимического опробования по профилям, пройденным над окисленными железорудными телами рудопроявления Укыр (рис. 3), установлены повышенные содержания Au (до 0,4–0,5 г/т) и комплекс его элементов-спутников: Fe, Zn, Co, Ba, Ni, Cu, Pb, Mn. На участках интенсивной лимонитизации в шлиховых пробах резко увеличивается (до 85–100%) количество магнитной фракции, состоящей из округлых, овальных, бобовидных агрегатов, образованных в результате цементации угловатых зёрен магнетита гидроксидами железа и глинистыми охрами (рис. 4). Форма их не связана с окатыванием и переносом материала, а образовалась за счёт гипергенных

процессов. Кроме магнетита в пробах встречаются (на уровне 1% и менее) мелкий окисленный пирит размером 0,05 мм, гидроксиды железа, лимонитизированные обломки пород и кварца разной степени окатанности.

Содержания Au в монофракциях магнетита и гидроксидов Fe, определённые методом ICP MS, невысокие – десятые доли г/т, в единичных пробах – первые г/т, не зависят от морфологии минеральных агрегатов и близки к содержаниям Au в геохимических пробах (табл. 1). С учётом того, что пробы почти целиком состоят из этих минералов, следует признать их основными носителями Au.

Из шлиховых проб, отобранных в зоне окисления магнетитовых тел, извлечены мелкие золотины (рис. 5) преимущественно размером <0,1 мм,

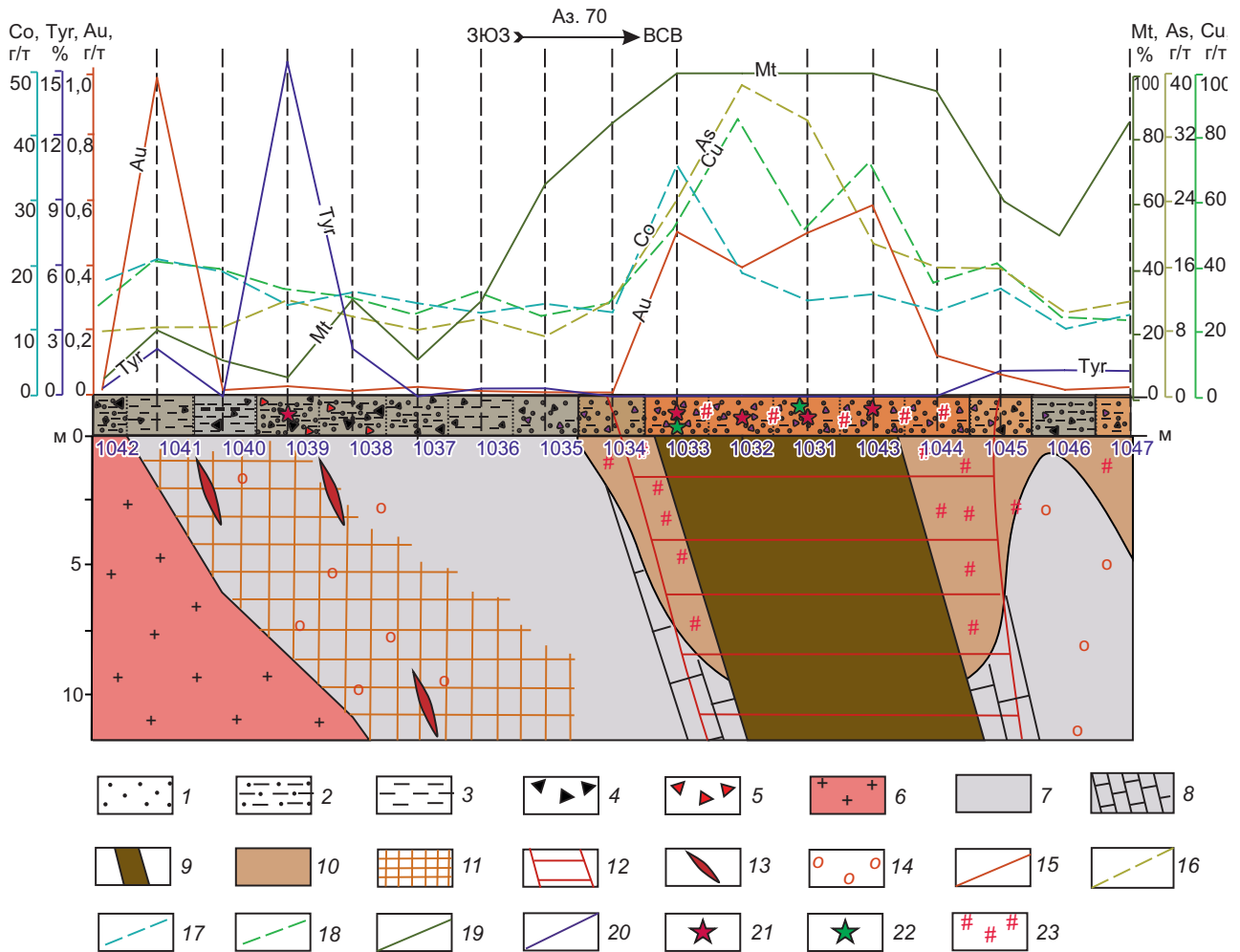


Рис. 3. Распределение золота и элементов-спутников в делювиально-пролювиальных отложениях по шлихогеохимическому профилю 4 над золотосодержащим железорудным телом. Схематический геологический разрез, составленный по документации керна скважин участка Укыр:

1 – песок; 2 – суглинок; 3 – глина; 4 – щебень; 5 – обломки кварца; 6 – граниты; 7 – вулканогенно-осадочные породы олдындинской свиты; 8 – прослои известняков; 9 – золотосодержащее железорудное тело; 10 – зона окисления; 11 – зона скарнирования; 12 – золотосодержащая минерализованная зона; 13 – кварцевые жилы; 14 – окварцевание; 15–18 – на графике содержания элементов, в г/т: 15 – Au (атомно-абсорбционный анализ), 16–18 – по ICP AES, в г/т: 16 – As, 17 – Co, 18 – Cu; 19–21 – содержание минералов в шлиховых пробах: 19 – магнетита (%), 20 – турмалина (%), 21 – знаки самородного золота; 22 – знаки самородной меди; 23 – участки интенсивного ожелезнения

реже 0,1–0,25 мм и знаки самородной меди. Основная часть золотин «рудного» облика представлена сростками объёмных искажённых кристаллов с ровной, со следами выщелачивания, поверхностью, отпечатками вмещающих минералов на ней, в углублениях со скоплениями гидроксидов железа. Характерная особенность золота – появление на его выступах наростов мельчайших

круглых кристаллов, которые можно отнести ко вторичному (гипергенному) золоту. По результатам анализов на сканирующем электронном микроскопе (SEM), пробность поверхности золотин колеблется в пределах 874–997‰ (с единичными значениями 783 и 882‰), отмечается постоянная примесь Cu (0,25–2,74 до 3,3 вес.%), спорадическая – Ag (0,32–10,57 до 20,74 вес.%).

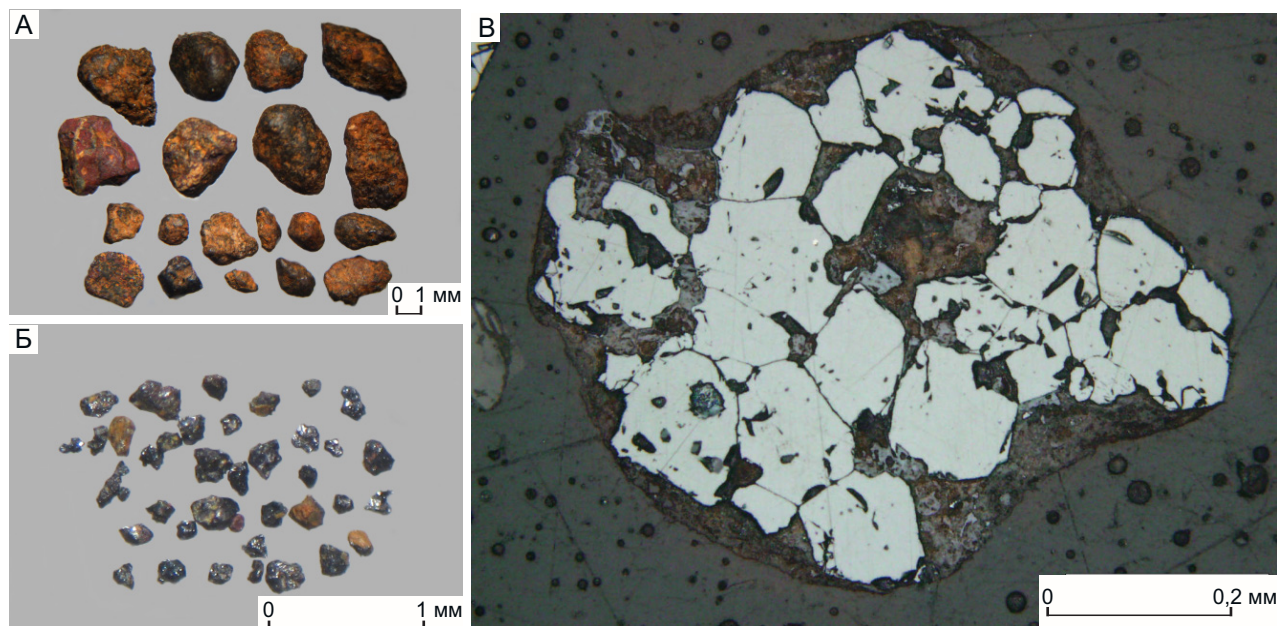


Рис. 4. Магнитные агрегаты из шлиховых проб с содержаниями золота >0,1 г/т:

А – округлые, оглаженные с лимонитизированным порошкообразным налётом (класс крупности +1 мм); Б – мелкие угловатые обломки (класс крупности +0,15 мм); В – неокатанный магнетит в корках гидроксидов железа, полированный монтированный шлиф. Участок Укыр, проба 1030

На поверхности почти всех изученных частиц золота присутствуют локальные глинистые плёнки с содержаниями Zn 0,5–7,7 мас.%. По периферии окисленных золотосодержащих железорудных тел в шлиховых пробах происходит уменьшение магнетита до 30–60%, в замет-

ных количествах (10–50%) появляются гидроксиды железа. Вероятно, это связано с присутствием в первичных рудах сульфидной минерализации, образующей оторочки вокруг железорудных тел, что находит отражение также и в литохимических аномалиях повышением содержаниями Cu, Pb,

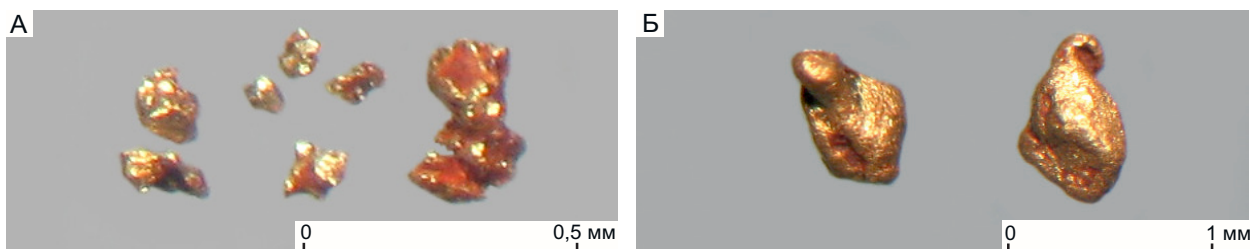


Рис. 5. Самородное золото из делювиально-пролювиальных отложений:

А – «рудного» облика в виде сростка кристаллов, гемидиоморфных и трещинно-прожилковидных частиц (класс крупности -0,25+0,1 мм), с мелкоямчатой, частично бугорчатой поверхностью, со скоплениями гидроксидов железа в углублениях; Б – сросток искажённых кристаллов с первично оглаженной, незначительно выщелоченной поверхностью, с примазками гидроксидов железа в единичных углублениях (вид с двух сторон, класс крупности -1 мм). Участок Укыр, проба 1043

1. Содержания золота в моноконцентрах, по результатам ICP MS из шлиховых проб железорудного месторождения Укыр

№ п/п	№ пробы	Содержание Au (г/т) в литохимической пробе	Характеристика материала (моноконцентра), отданного на ICP MS анализ	Содержание Au (г/т) в моноконцентрате
1	1030	0,017	Магнетит, мелкие угловатые зёрна	0,2
2	1030		Класс крупности ≤ 2 мм – округлые магнитные агрегаты с налётом охр лимонита	0,045
3	1031	0,55	Класс крупности 0,5–2 мм – магнитные обломки разной округлости, покрытые лимонитовой корочкой	1,829
4	1032	0,52	Класс крупности 0,5–1,0 мм – агрегаты, состоящие из угловатых зёрен магнетита	0,968
5	1033	0,64	Класс крупности > 1 мм – округлые магнитные агрегаты, с налётом охр лимонита	0,453
6	1033		Класс крупности $+1$ мм – угловатые агрегаты, состоящие из мелкозернистого магнетита в рубашке, примазках лимонитизированных глин	0,14
7	1043	0,66	Класс крупности $-0,25$ мм – мартитизированный остроугольный магнетит (50 %) и шарообразный с охрами лимонита (50 %)	0,543
8	1043		Класс крупности $+1$ мм – полуоглаженные и округлые агрегаты магнетита в рубашках лимонитовых охр	0,261
9	1079	0,12	Угловатые обломки магнетита, частично мартитизированные, с налётом охр лимонита	0,062
10	1079		Класс крупности -1 мм, электромагнитная фракция – остроугольные обломки гидроксидов Fe (гематит, гётит с металлическим блеском)	0,593

Примечание. Жирным шрифтом выделены повышенные содержания золота.

Zn, As. Проявление скарновой минерализации характеризуется присутствием (на уровне 5–30%) эпидота, граната, амфибола, мелких кристаллов турмалина (0,15–0,2 мм), примеси (<5%) окисленного пирита размером 0,05–0,15 мм преимущественно кубического габитуса, реже в форме усложнённых кубов. Количество гидроксидов железа по сравнению с окисленными рудами уменьшается до 10–15%. В отдельных пробах отмечается заметное количество обломков призматических кристаллов коричневого турмалина, размеры которых достигают 0,5–0,75 мм, также присутствует лимонитизированный кварц. В одной из проб с зёрнами турмалина содержания Au составили 1,6 г/т. Извлечённое золото мелкое (0,1–0,25 мм), имеет трещинно-прожилковую форму, часто находится в сростании с кварцем. Для него, как и для описанного выше, характер-

ны мельчайшие округлые наросты на выступах, ямчато-ячеистый рельеф поверхности со следами интенсивного выщелачивания и отпечатками контакта с вмещающими минералами.

Учитывая результаты выполненных исследований, можно предположить, что на участке Укыр возможно присутствие зон золотосодержащей железорудной и золото-кварцевой с турмалином минерализаций, расположенных как отдельно друг от друга, так и совмещённых в пространстве, которые отражаются в литохимических и шлиховых аномалиях в коре выветривания непосредственно над ними.

Участок Белюты находится в окрестностях одноимённого озера и расположен в пределах выровненной аккумулятивно-денудационной равнины, постепенно понижающейся к югу в направлении озёр Большая и Малая Иренга.

В геологическом строении территории (Плясова С.Л. и др., 1984 ф) участвуют породы ольдиндинской свиты, которые состоят из чередования известняков с туфосланцами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, часто сульфидизированными, а также гранитоиды Витимканского комплекса (см. рис. 2).

В пределах участка широко развиты тектонические нарушения северо-восточного и северо-западного простираний. Вдоль них формируются зоны с остаточной линейно-трещинной корой выветривания – визуально это ожелезненный, перемешанный материал щебнисто-глинистого состава без сохранения структурно-текстурных

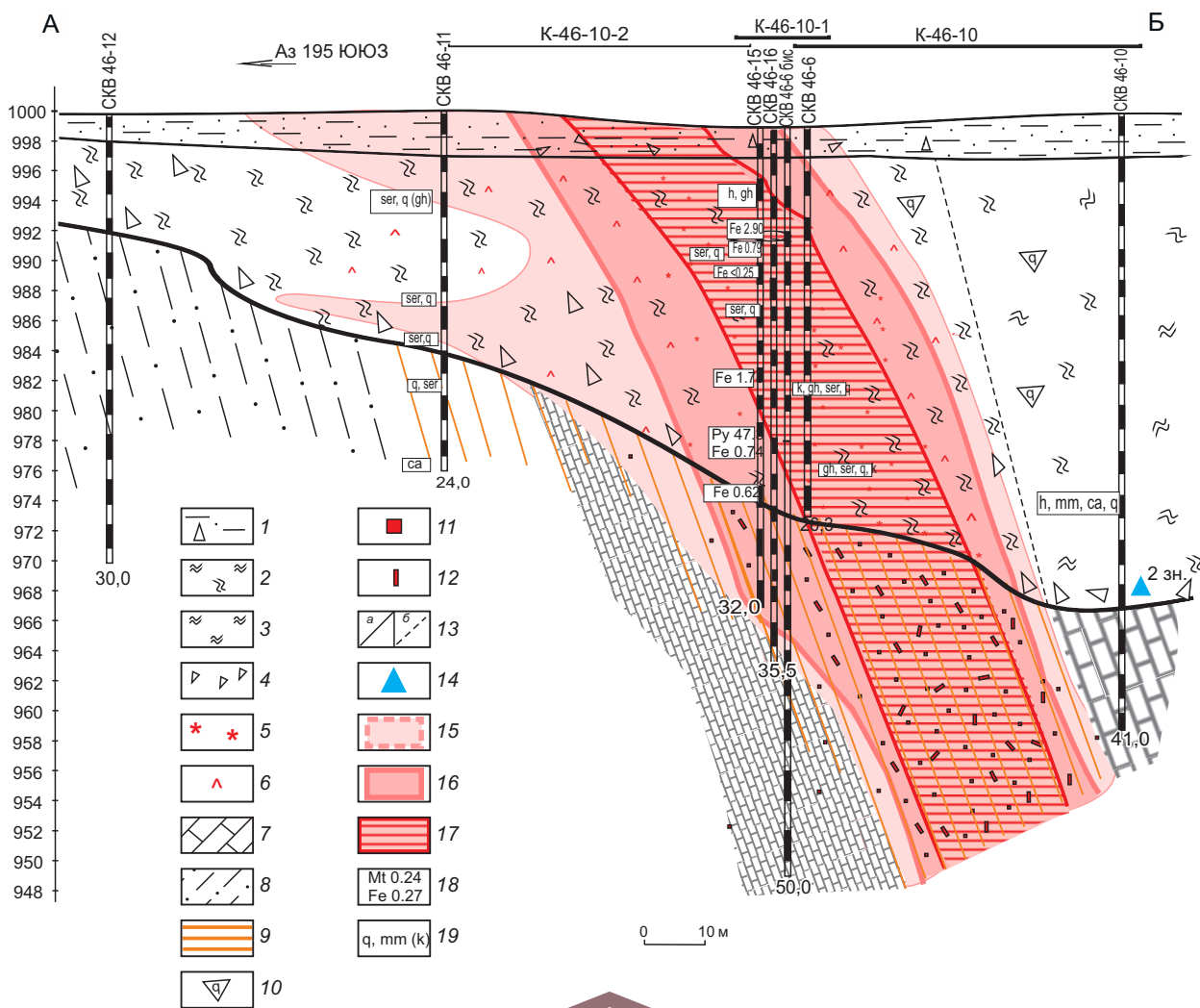


Рис. 6. Фрагмент геологического разреза по линии АБ (см. рис. 2) золотоносной коры выветривания. Участок Белюты:

1 – покровные песчано-глинистые отложения с дресвой пород; 2 – переотложенная, бесструктурная кора выветривания; 3 – остаточная структурная кора выветривания; 4 – щебень, дресва пород; 5 – зона интенсивного ожелезнения до образования бурых железняков; 6 – лимонитизация; 7 – известняки; 8 – алевролиты; 9 – кварц-серицитовые, кварц-серицит-полевошпатовые, серицит-хлорит-кварц-карбонатные метасоматиты; 10 – кварц; 11 – пирит; 12 – арсенопирит; 13 – геологические границы: а – установленные, б – предполагаемые; 14 – знаки самородного золота; ореолы Au, по данным химико-спектрального полуколичественного и пробирного анализов (г/т): 15 – 0,03–0,09, 16 – 0,10–0,59, 17 – $>0,6$; 18 – содержание золота в минералах (в г/т): Mt – магнетит, Py – пирит, Fe – оксиды железа; 19 – минеральный состав пелитовой фракции (в порядке убывания, в скобках – примеси): gh – гётит, ser – серицит, h – гидрослюда, q – кварц, mm – монтмориллонит, k – каолинит, са – кальцит

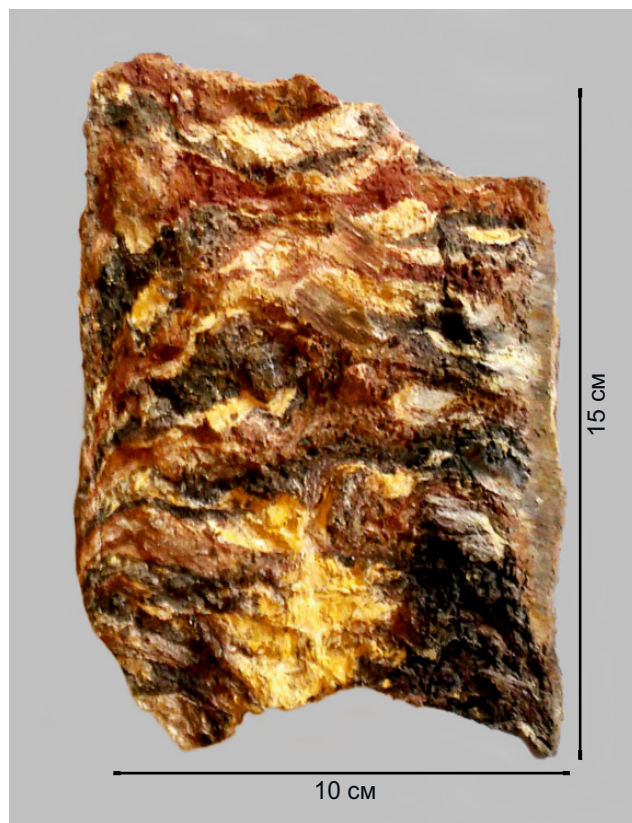


Рис. 7. Золотоносная кора выветривания с содержанием золота 2,88 г/т (по результатам пробирного анализа). Участок Белюты, скважина 46-б, интервал 16,5–18,0 м, проба 3049

особенностей коренных пород, что связано с формированием её по трещиноватым, дроблёным породам. Наибольшей мощности кора выветривания достигает в узлах пересечения тектонических нарушений – до 46,0–60,0 м.

ЗКВ сформировалась предположительно по зонам с прожилково-вкрапленной золотоносной сульфидной минерализацией пирит-арсенопиритового типа в серицитовых, кварц-серицитовых метасоматитах (рис. 6), что нашло отражение и в её составе [1]. Основным минералом алевро-пелитовой фракции является серицит, в меньшем количестве присутствует монтмориллонит, в отдельных пробах отмечается каолинит; сохраняются остаточные минералы – альбит, кварц, количество которых начинает доминировать в менее глинистых участках. В отличие от участка Укыр, на участке Белюты кора выветривания более мощная, с более глубокой глинизацией корен-

ных пород (рис. 7). Количество алевро-пелитовой фракции достигает 50%, в отдельных случаях – выше. По рудной минерализации в коре выветривания происходит интенсивное ожелезнение с образованием линз плотных сливных бурых железняков, в этих участках количество тонкого материала сокращается до 8–12%, в его составе начинает преобладать гётит.

По результатам горно-буровых работ (Агибалов О.А. и др., 2015 ф) в коре выветривания выявлены содержания Au до 3,6 г/т (среднее – 0,8 г/т на вертикальный интервал 20,0 м). В канавах ширина золотоносного интервала составила 16,0 м, при среднем содержании 1,5 г/т.

По результатам спектрального анализа керновых проб, отмечается пространственная корреляция Au с As, содержания которого достигают $100\text{--}800 \times 10^{-3}\%$. При этом не все повышенные содержания As (и ряда других рудогенных элементов – Ag, Cu, Zn, Pb) коррелируют с повышенными содержаниями Au. В одних случаях тонкодисперсное золото, заключённое в агрегатах бурых железняков с содержанием Au более 0,8 г/т, не сопровождается повышенными значениями As, Cu, Zn, Pb. В других – опробование керновых проб с мелкими знаками видимого золота в сростании с кварцем (при средних содержаниях Au 0,1–0,3 г/т) позволяет выделять ореолы средней контрастности (в $n \times 10^{-3}\%$): Pb – 50–80, Cu – 10–30 (единичные значения – 100–1000), Zn – 50–80, Ag – 0,5–1,5. Данное противоречие требует дальнейшего изучения.

В зоне окисления сульфидной минерализации основным концентратором золота являются гидроксиды железа (до 3,03 г/т, по данным ICP MS), содержания Au в них близки содержаниям Au в валовых пробах.

Вместе с Au в бурых железняках присутствуют высокие (1982–11 956 г/т) содержания As, остальные рудогенные элементы встречаются в незначительных количествах. В отдельных пробах также отмечаются повышенные содержания Bi, W, Zn, элементов редкоземельной группы, что может быть связано с их присутствием в первичных рудных минералах (табл. 2). В сохранившемся от окисления арсенопирит-пиритовом концентрате содержания Au выше, чем в гидроксидах железа из той же минерализованной зоны. Скорее всего, данный факт объясняется разложением не только золото-содержащих сульфидов, но и породообразующих минералов.

2. Результаты анализа монофракций гидроксидов железа и сульфидного концентрата по основным рудным элементам методом ICP MS

Элемент, г/т	Привязка*									
	46-6 6-7	46-6 7-9	46-6 9-10	46-6 16-18	46-6 21-22	46-6 24-25	46-4 10-12	46-3 12-13	46-3 12-13	46-6 19-21
	Гидроксиды железа								Остаточный сульфидный концентрат	
Au	2,9	3,03	<0,25	1,78	0,74	0,62	0,6	<0,25	58,0	47,3
As	2673	1354	1982	11956	3055	4200	3760	1000	9238	12 382
Cu	539	236	263	177	55,2	49,2	401	667	696	23,9
Zn	378	161	378	232	534	705	633	333	135	318
Ag	2,03	3,28	0,34	2,86	0,97	0,60	2,46	0,73	4,65	8,14
Pb	111	134	54,4	32,1	35,2	38,7	578	722	57,9	256
W	23,9	534	7,71	6,24	8,95	46,0	4,02	45,6	540	24,3
Bi	15 896	18,6	31,3	28,4	18,6	13,7	6,81	72,6	28,1	29,1
Rb	60,4	49,0	34,7	10,4	22,5	17,2	42,7	14,1	12,1	10,8
Nb	11,9	447,1	4,3	2,7	2,9	2,7	7,0	8,9	21,4	12,8
La	43,1	150	46,6	18,2	25,0	26,0	25,0	15,8	135	31,0
Ce	103	327	110	46,1	54,2	47,8	57,3	39,4	266	54,8
Hf	4,61	28,6	3,11	1,24	1,24	1,24	4,68	2,94	11,9	2,12
Sc	63,7	58,7	28,2	27,8	18,3	15,3	24,4	7,66	19,0	4,75

Примечание. *Числитель – номер скважины, знаменатель – интервал опробования.

Вышеизложенное подтверждается результатами испытания малой технологической пробы весом 174 кг (Агибалов О. А. и др., 2015 ф), где преобладает преимущественно тонкодисперсное золото (98,2%), связанное с гидроксидами железа колломорфного строения либо находящееся в виде включений в окисленном пирите (рис. 8). Гидроксиды железа формируются ритмически и нередко имеют концентрически-зональную, натёчную текстуру, что характерно при частой смене физико-химических условий осаждения. Характер зональности обусловлен их многократным переотложением. Наблюдаемое в них золото имеет округлые, удлинённо-сферические контуры, повторяя натёчно-глобулярную текстуру агрегатов. В случае, когда в гидроксидах железа отмечаются 1–3 зоны в виде широких полос, включения золота отсутствуют.

Видимое свободное золото гравитационных классов крупности, как и на участке Укыр, встречается в местах сохранившихся дезинтегрированных кварцевых прожилков мощностью 1–5 см.

Оно преимущественно тонкое (0,1 мм), с незначительным (до 1%) количеством частиц крупностью -0,25+0,1 мм. По форме золотины представлены пластинчатыми несовершенными кристаллами, их сростками, в меньшей степени – удлинёнными трещинно-прожилковидными разностями. Характер поверхности свободного мелкого золота первично выровненный, с признаками слабых преобразований в гипергенных условиях. Пробность поверхности золотин (по данным SEM) колеблется в пределах 869–994‰ (с единичными значениями 798 и 824‰), отмечаются постоянная примесь Cu (0,46–1,9 вес.%), спорадическая – Ag (3,89–15,82 до 18,69 вес.%). В гидроксидах железа, заполняющих углубления на золоте, отмечается (по данным SEM) примесь S (2–3 мас.%), что свидетельствует о срастании золота с сульфидами, окисленными в коре выветривания.

На дневной поверхности проявление рудной минерализации картируется появлением свалов сливных, натёчных бурых лимонитов, а также гравелитов с железистым цементом.

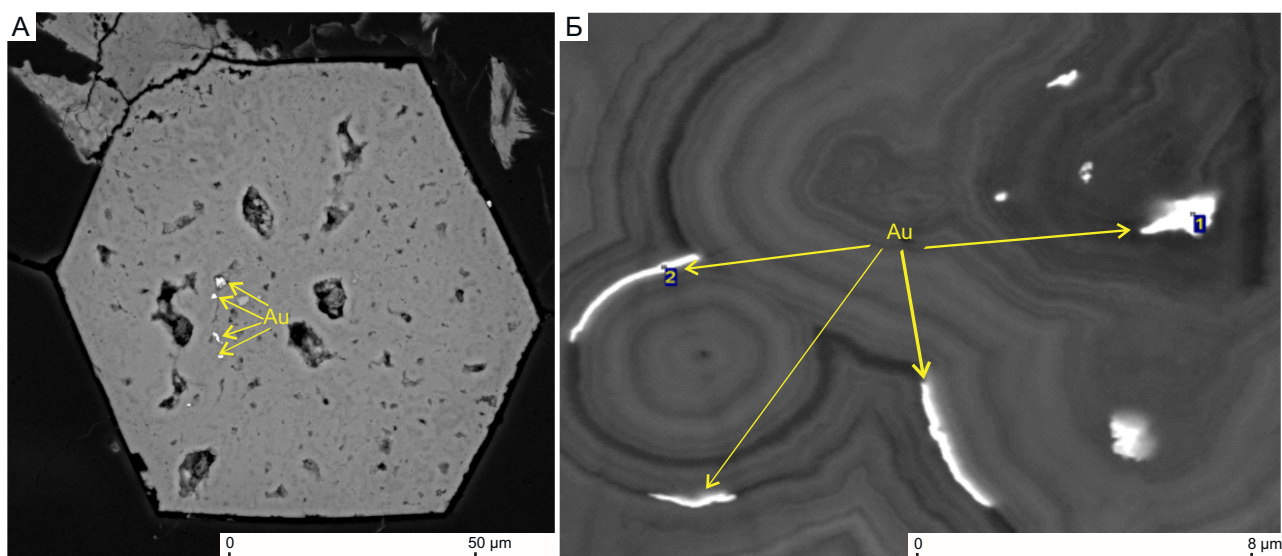


Рис. 8. Тонкодисперсное золото в остаточном пирите в виде тонких включений (А), в гидроксидах железа коллоидного строения в виде эмульсионных включений (Б). Участок Белюты

По результатам анализа литохимических проб, отобранных по опорному профилю, содержания Au фиксируются на участках интенсивного ожелезнения обломочного материала (рис. 9). Повышенные содержания Au пространственно коррелируют с As, Cu, Co, Fe, Mn, P, Pb, Ni, Mo, Bi. Набор элементов близок тому, что характерен для золотосодержащих гидроксидов железа в коре выветривания (см. табл. 2).

В результате выполненных исследований на участке Белюты выделяются две группы аномалий Au. Одна имеет корреляцию с As, другая при наличии знаков видимого золота, часто в сростании с кварцем сопровождается ореолами средней контрастности As, Pb, Cu, Zn, Ag. Это связано с проявлением золото-кварцевой и золото-сульфидной минерализаций в пределах одной рудной структуры.

Сравнение аналитических методов при геохимическом опробовании золотоносной коры выветривания отдельных участков Еравненской площади показало:

- содержания золота и рудогенных элементов в сером шликсе шликсгеохимических проб являются более высокими по сравнению с аналогичными содержаниями в литохимических пробах;
- при определении содержаний элементов-спутников (As, Cu, Ni и др.) золота наилучшую чувствительность показал метод ICP AES по сравне-

нию с приближённо-количественным спектральным анализом. Следует отметить, что кривые распределения элементов-спутников, полученные по результатам этих анализов, практически совпадают;

- эффективность применения метода ММИ–М оказалась ниже результатов традиционных методов анализов. При этом отмечается небольшая пространственная разобщённость повышенных содержаний Au и его элементов-спутников, определённых методом ММИ–М с результатами других видов анализов. К особенностям метода ММИ–М можно отнести слабую выраженность золотосодержащей железорудной зоны по содержаниям Fe, а также несовпадение повышенных значений Au и Fe (в отличие от метода ICP AES), что, возможно, объясняется особенностями миграции и накопления ионов Au и Fe. К недостаткам рассматриваемого анализа относится также низкая чувствительность по As и ряду других элементов-спутников, существенно уступающая в этом отношении методу ICP AES.

Подводя итоги, можно сказать:

1. В коре выветривания, по имеющимся на данный момент материалам, характер распределения золота и его элементов-спутников унаследован от минерализованных зон в коренных породах, что объясняется преобладанием остаточных линейно-трещинных кор выветривания

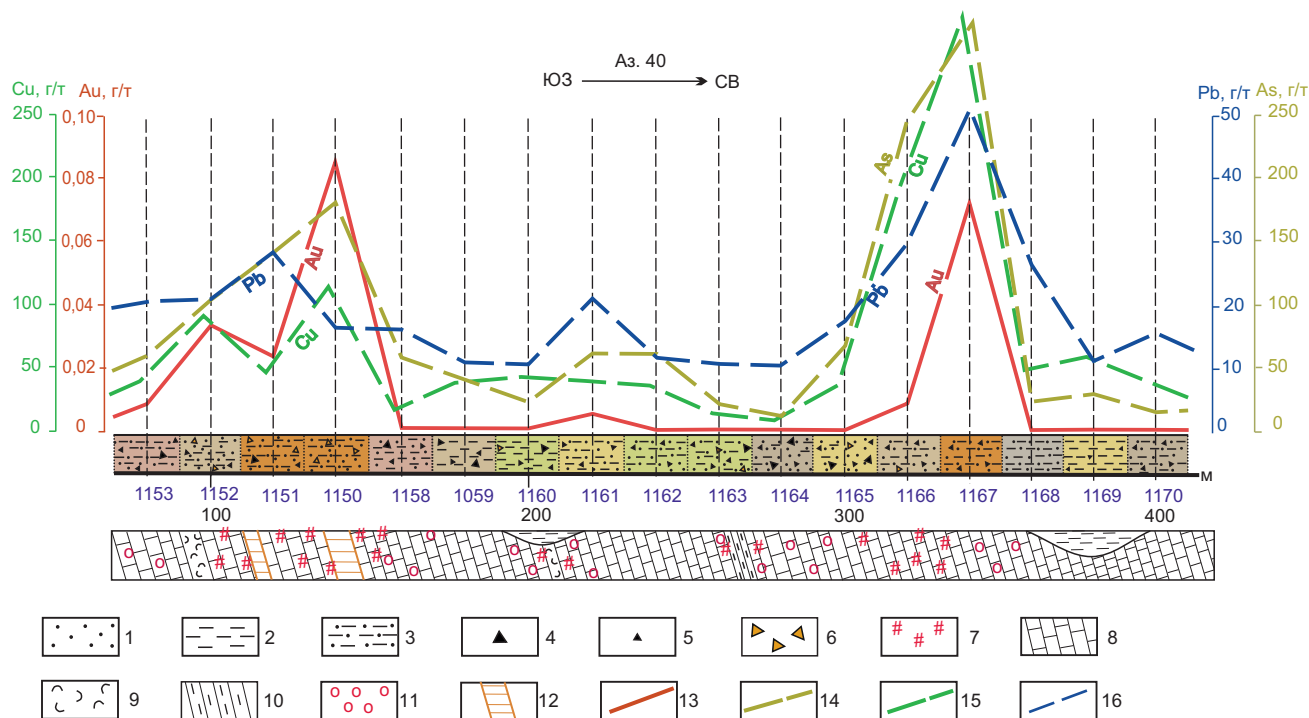


Рис. 9. Распределение золота и его элементов-спутников в шлихогеохимическом профиле. Участок Белюты:

1 – песок; 2 – глина; 3 – суглинок; 4 – щебень; 5 – дресва; 6 – ожелезненные обломки пород; 7 – гнезда лимонитизации; 8–10 – коренные породы: 8 – известняки, 9 – туфы смешанного состава, 10 – сланцы; 11 – окварцевание; 12 – серцитизация; 13–16 – на графике содержания элементов, в г/т: 13 – Au (золото-химико-спектральный анализ), 14–16 (ICP AES): 14 – As, 15 – Cu, 16 – Pb

при несущественном влиянии карстовых процессов. ЗКВ преимущественно формируется по силикатной составляющей среди известняков. Существенное переотложение золота или обогащение им каких-либо горизонтов не отмечаются.

2. Минералогические и геохимические особенности рудной минерализации проявляются в приповерхностных горизонтах (делювиальных, делювиально-пролювиальных отложениях).

Присутствие *золотосодержащей железорудной минерализации* отражается в преобладании в шлиховых пробах магнетита, видимого мелкого золота в форме кристаллов и их сростков; в литохимических аномалиях кроме Au отмечаются повышенные содержания Fe, Zn, Co, Ba, Ni, Cu, Pb, Mn.

Золото-сульфидная минерализация отражается в появлении на поверхности вывалов, обломков гидроксидов железа и контрастными геохимическими аномалиями Au, As, Cu, Pb, Zn, Mn, P, Co, Fe Ni, Mo, Bi, в отдельных случаях Ce, La, Y.

Для *золото-кварцевой минерализации* характерно присутствие самородного золота разной крупности трещинно-прожилковых форм, обогрешенного выщелоченного кварца, обломков крупно-среднезернистых кристаллов турмалина. Содержания Au в литохимических пробах не всегда корректно могут быть установлены химическими методами анализов в связи с возможным попаданием в навеску относительно крупных и неравномерно распределённых частиц золота.

3. Полученные вторичные геохимические аномалии Au и его элементов-спутников показали, что они располагаются практически над минерализованными зонами. Это вызвано выровненностью рельефа, характерного для лесостепных ландшафтов Бурятии. Отсутствие рассеяния элементов в условиях слабо расчленённой поверхности может привести к пропуску маломощных золотоносных зон. Влияние на качество полученных результатов оказывает и повышенная мощность гумусового горизонта. На отдельных

разрезах его мощность достигает 1,0–1,2 м. В связи с этим необходим контроль отбора геохимических проб, их нужно проводить с глубины, отвечающей инструкции по проведению литохимических работ по ВОР, которая в ряде случаев может достигать 1 м. Всё это требует дополнительного обоснования выбора шага и глубины опробования при геохимических поисках в условиях рассматриваемого ландшафта.

В заключение хотелось бы отметить определённую недоизученность, которая, по мнению авторов, присуща целому ряду золотосодержащих объектов (железорудных, полиметаллических). Они при наличии благоприятных экономических и геологических условий могут стать дополнительным источником восполнения минерально-сырьевой базы благородных металлов. В частности, давно известные мелкие железорудные (Укыр) и полиметаллические (Сосновское, Юбилейное) объекты Еравненской площади не представляют интереса для добычи собственно Fe, Cu, Zn, Pb, однако наличие в их пределах зон окисления и ЗКВ (что позволяет использовать кучное выщелачивание для извлечения Au) и хорошая транспортная доступность (шоссейная дорога и ЛЭП расположены в 300 м от проявления Укыр) могут сделать их инвестиционно привлекательными.

Такого рода слабо-, а иногда и совсем неизученные объекты заслуживают, на взгляд авторов, более пристального внимания, потенциал их во многом ещё не раскрыт, достаточно вспомнить, например, что только в скарново-магнетитовых месторождениях Кузнецкого Алатау и Горной Шории общие прогнозные ресурсы золота составляют около 400 т, что сопоставимо с количеством учтённого металла, добытого из золоторудных и россыпных месторождений региона [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агибалов О. А., Зубова Т. П. и др. Перспективы золотоносности коры выветривания Еравнинской депрессии (Республика Бурятия) // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции. – М.: ФГБУ «ЦНИГРИ», 2016. – С. 114
2. Платонов А. Н., Санин В. Н. Золотоносность скарново-магнетитовых месторождений Алтае-Саянской складчатой области // Руды и металлы. – 1998. – № 2. – С. 57–66

REFERENCES

1. Agibalov O. A., Zubova T. P. et al. Perspektivy zolotonosnosti kory vyvetrivaniya Yeravninskoy depressii (Respublika Buryatiya) [Prospects for the gold content of the weathering crust of the Eravna Depression (Republic of Buryatia)]. Nauchno-metodicheskiye osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdeniyalmazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallovo: sbornik tezisov dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moscow, FGBU TSNIGRI publ., 2016, pp. 114. (In Russ.)
2. Platonov A. N., Sanin V. N. Zolotonosnost' skarnovomagnetitovykh mestorozhdeniy Altaye-Sayanskoy skladchatoy oblasti [Gold content of skarn-magnetite deposits of the Altai-Sayan folded region]. Rudy i metally, 1998, No. 2, pp. 57–66. (In Russ.)