

Золотое оруденение в гранитоидах в Икибзякском рудном поле – новая веха в исследовании золотоносности Байкало-Патомской металлогенической провинции

Приводятся новые данные по золотому оруденению южной части Байкало-Патомской металлогенической провинции – Икибзякскому рудному полю, расположенному в зоне Право-Мамаканского глубинного разлома, отделяющего Патомскую складчатую область от Байкало-Витимского вулcano-плутонического пояса. Впервые в металлогенической провинции рудные жильно-прожилковые зоны с богатой золоторудной сульфидно-кварцевой минерализацией с промышленными параметрами выявлены в гранитоидах. Оруденение локализовано в пределах разломных зон расланцевания с проявлением интенсивных процессов березитизации и лиственизации (в ксенолитах metabазитов).

Ключевые слова: Байкало-Патомская металлогеническая провинция, Икибзякское рудное поле, глубинный разлом, гранитоиды, зоны расланцевания, березиты, лиственины, золото, рудные зоны, Довгакитское рудопроявление, Ветвистое рудопроявление.

ИВАНОВ АНАТОЛИЙ ИННОКЕНТЬЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, научный руководитель¹, a.ivanov@tsnigri.ru

АГЕЕВ ЮРИЙ ЛЕОНИДОВИЧ, заместитель генерального директора², ageev@sibgk.ru

МЕЗЕНЦЕВ АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ, ведущий геолог², mezentsev@sibgk.ru

МОЛОЧНЫЙ ВАСИЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ, главный геолог², vgmolochny@rusgeology.ru

КОНКИН ВИКТОР ДМИТРИЕВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник¹, konkin@tsnigri.ru

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

² Общество с ограниченной ответственностью «Сибирская геологическая компания» (ООО «СибГК»), г. Иркутск

Granitoid-hosted gold mineralization in Ikbzyaksky ore field: a new milestone in Baikal-Patom metallogenic province gold potential study

A. I. IVANOV¹, Yu. L. AGEEV², A. V. MEZENTSEV², V. G. MOLOCHNY², V. D. KONKIN¹

¹ Federal State Budgetary Institution Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

² LLC Siberian geological company (LLC SibGC), Irkutsk

New data is provided on gold mineralization in the southern Baikal-Patom metallogenic province, Ikbzyakskoye ore field, located in Pravo-Mamakansky deep fault zone separating Patom fold area from Baikal-Vitim volcanic-plutonic belt. For the first time, the metallogenic province was found to comprise granitoid-hosted ore vein-stringer zones with high-grade economic gold sulfide-quartz mineralization. This mineralization is localized within fault shistosity zones manifesting intense beresitization and listvenitization (in metabasite xenoliths).

Key words: Baikal-Patom metallogenic province, Ikbzyakskoye ore field, deep fault, granitoids, shistosity zones, beresites, listvenites, gold, ore zones, Dovgakitsoyе occurrence, Vetvistoye occurrence.

Байкало-Патомская металлогеническая провинция (включает Ленскую золотоносную провинцию, по [7]), как было показано ранее [3, 4], характеризуется проявлением промышленной золотоносности в различных структурно-вещественных обстанов-

ках. Одна из таких обстановок (складчато-разрывные «пришовные» комплексы) была выделена в южной части провинции в зоне динамического влияния Право-Мамаканского глубинного разлома, отделяющего Патомскую складчатую область, сформированную

на пассивной континентальной окраине, от Байкало-Витимского вулканоплутонического пояса, образовавшегося на островодужной системе (соответственно миогеосинклиналь и эвгеосинклиналь, по Л. И. Салопу [9]). Здесь выделен Додыхтинско-Уряхский рудный район (рис. 1, врезка), и на момент публикации [3] из золоторудных объектов в его пределах были известны Уряхское месторождение (01.12.2013 г. на баланс поставлено около 8 т запасов категорий C_1 и C_2 по участку Жила-12) и Джалагунское рудопроявление с промышленными параметрами рудных зон.

В последние годы в пределах рудного района на Икибзякском рудном поле (Малоконкудерская площадь) за счёт средств федерального бюджета были проведены поисковые работы, завершившиеся выявлением двух потенциально промышленных объектов – Довгакитского и Ветвистого рудопроявлений.

Додыхтинско-Уряхский рудный район контролируется Право-Мамаканским глубинным разломом, а Икибзякское рудное поле расположено в участке его изгиба (см. рис. 1) в междуречье Малой Конкудеры и Икибзяка (левого притока р. Мамакан). На уровне земной поверхности Право-Мамаканский глубинный разлом представлен сложнопостроенной зоной поверхностных разрывов шириной 10–12 км. Наибольшая амплитуда сдвиго-взбросовых деформаций устанавливается в разрывах в северной (Качиоканской) и южной (Икибзякской) его ветвях (см. рис. 1), между которыми в верхнем рифее сформировался изометричный в плане Довгакитский массив гранитоидов бамбукойского комплекса. Ранее Л. И. Салопом [9], а также по результатам геологосъёмочных работ (ГСР) масштаба 1:50 000 (В. А. Аникин, Ю. К. Варзалов) гранитоиды массива были отнесены к витимскому комплексу, отличающемуся от всех других гранитоидов региона преобладанием в его составе гранофирированных гранитов. Второй подобный массив был откартирован восточнее в верховьях рек Орловка и Каралон (Б. В. Шергин и др.) в зоне Право-Мамаканского глубинного разлома, также в участке его изгиба. В обоих этих участках изгиба разлома в условиях существенно взбросо-левосдвиговых деформаций были сформированы купольные структуры вращения [6], характеризующиеся проявлением россыпной и рудной золотоносности.

Россыпная золотоносность бассейна р. Икибзяк известна с 1896 г. (данные Н. Н. Мунгалова), в связи с чем ещё при ГСР масштаба 1:200 000 (В. М. Тавевский и др.) эта территория рассматривалась как перспективная на выявление месторождений рудного и россыпного золота. При ГСР-50 в 1969–1973 гг. (В. А. Аникин и др.) здесь в геологических маршрутах

в делювии были выявлены многочисленные обломки кварцевых жил, в ряде штучных проб из которых установлены высокие содержания золота (до десятков г/т). В приводораздельной части было выявлено Икибзякское золоторудное проявление (см. рис. 1), представленное развалами золотоносных кварцевых жил среди березитизированных гранитов. В водотоках высоких порядков бассейнов рек Малая Конкудера и Икибзяк установлены шлиховые и геохимические потоки золота. По совокупности данных поисковых признаков в поле гранитов витимского (бамбукойского) комплекса и было выделено Икибзякское рудное поле, в пределах которого рекомендовано проведение поисковых работ на рудное и россыпное золото.

Такие работы проводились в 1973–1976 гг. (Ю. К. Варзалов и др.). В результате чего на площади 40 км² было выявлено 66 кварцевых жил и зон прожилкового окварцевания, 20 из которых изучались в коренном залегании. В нескольких жилах, в том числе Икибзякского проявления, установлена повышенная золотоносность (содержания золота первые г/т). Однако параметры их оказались незначительными, в связи с чем была дана отрицательная оценка изученным жилам, но рекомендовалось продолжить поисковые работы в южной части площади.

В 2001–2004 гг. в пределах Икибзякского рудного поля проводились прогнозно-поисковые работы (Н. В. Пачерский и др.). Положительные результаты не были получены, поэтому в целом была дана отрицательная оценка на выявление здесь промышленных золоторудных объектов.

Таким образом, в результате предшествующих работ сформировалось отрицательное отношение к перспективам выявления промышленных золоторудных объектов в пределах Икибзякского рудного поля, несмотря на наличие прямых поисковых признаков – промышленных россыпей золота, его шлиховых потоков, рудопроявлений по результатам штучного и бороздового опробования, ВОР золота.

Анализ всех геологических, геохимических, геофизических материалов, проведённый ООО «Сибирская геологическая компания» (ООО «СибГК») с участием ЦНИГРИ, позволил в 2014 г. обосновать перспективность Икибзякского рудного поля (Малоконкудерской площади) на выявление промышленных золоторудных объектов и целесообразность проведения поисковых работ за средства федерального бюджета. А основной причиной негативных выводов предшественников, как было показано, являлось расположение рудного поля в очень сложных ландшафтных условиях – это курумные склоны и водоразделы, в нижних частях склонов залесённые, с почти повсеместным развитием многолетней мерзлоты (рис. 2).

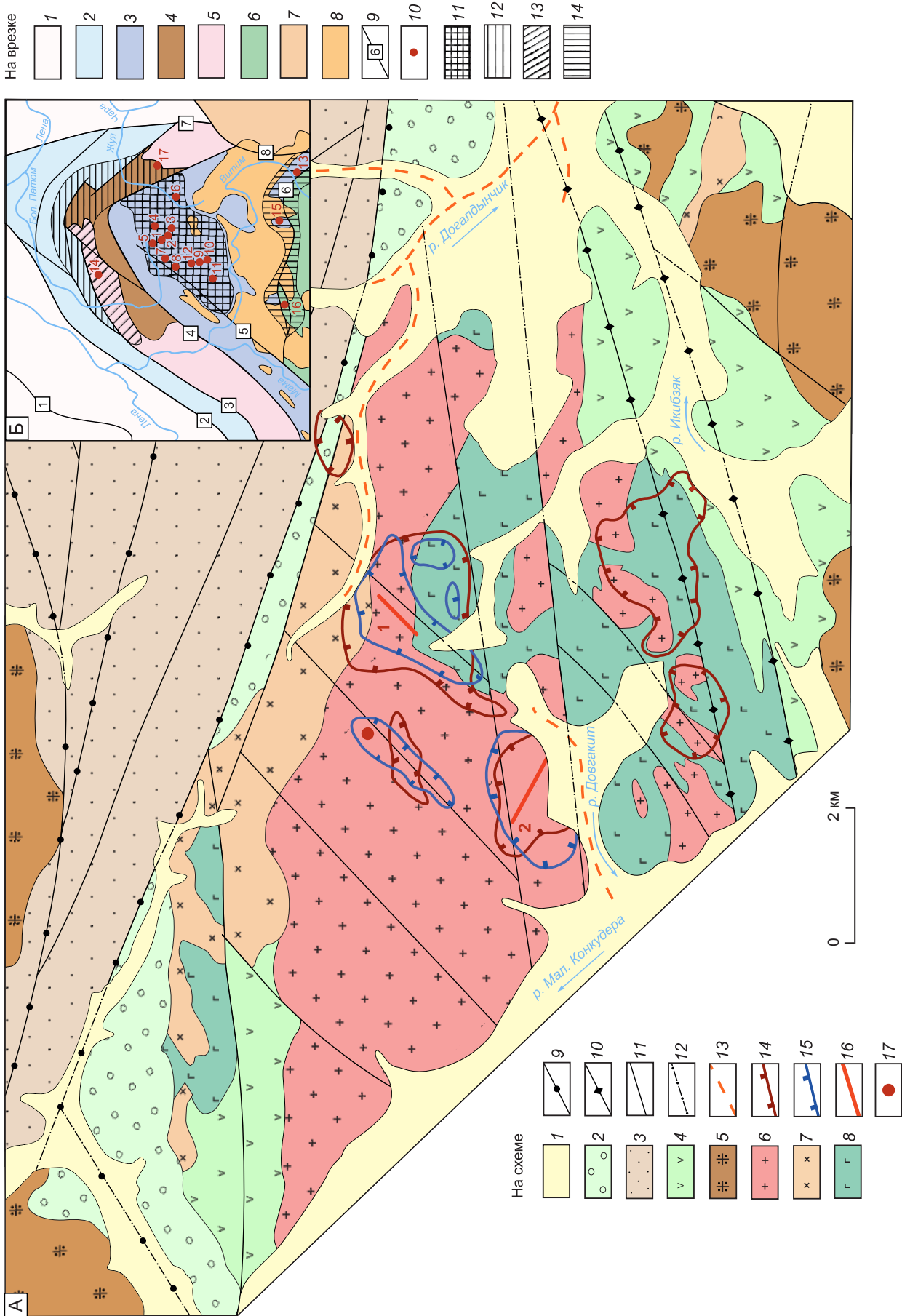


Рис. 1. Геологическая карта Икибзякского рудного поля (А) и схема его расположения (Б):

отложения: 1 – четвертичные нерасчленённые, 2 – вендские терригенные и карбонатные, 3 – рифейские метаморфизованные терригенные, 4 – метаморфизованные риолиты, дациты, андезиты, диабазы, парагнейсы биотитовые, сланцы слюдяно-кварцевые; 5 – верхнепалеозойские гранитоиды конкудеро-мамаканского комплекса; 6 – верхне-рифейские граниты порфировидные, гранофиоровые, граносиениты и гранит-порфиры бамбукойского (витимского) гранитоидного комплекса; 7, 8 – верхнерифейский таллаинский габбро-плагиогранитный комплекс; 7 – вторая фаза (плагиограниты, гранодиориты, кварцевые диориты), 8 – первая фаза (габбро, габбро-диабазы, ортоамфиболиты, ортосланцы); 9–12 – разломы: 9, 10 – системы Право-Мамаканского глубинного разлома; 9 – северная и 10 – южная ветви, 11 – межблоковые «смыкающие», 12 – перекрытые четвертичными отложениями; 13 – промышленные и потенциально-промышленные россыпи золота; 14 – контрастные вторичные ореолы рассеяния золота; 15 – контрастные делювиальные шлиховые ореолы золота; 16 – рудные зоны: 1 – Центральная, 2 – Рыжая; 17 – рудопроявление Кварцевое; на врезке: 1–5 – основные структуры: 1 – Сибирская платформа; 2 – Байкало-Патомский, 3 – Мамско-Бодайбинский, 4, 5 – Чуйско-Нечерский антиклинорий; 4 – часть антиклинория, где фундамент перекрыт рифейскими отложениями, 5 – выступы дорифейского фундамента; 6 – разновозрастные образования Байкало-Муи-ского пояса; 7 – дорифейские образования Алданского щита и Становой зоны; 8 – верхнепалеозойские гранитоиды (Ангаро-Витимский батолит); 9 – главные разломы, разделяющие крупные литосферные блоки (1 – Ленско-Нюйский, 2 – Ачиткано-Джербинский, 3 – Алекано-Мало-Туоканский, 4 – Чуйский, 5 – Абчадский, 6 – Право-Мамаканский, 7 – Жуинский, 8 – Ничатский); 10 – промышленные месторождения и перспективные рудопроявления золота (1 – Сухой Лог, 2 – Вернинское, 3 – Невское, 4 – Высочайшее, 5 – Угаханское, 6 – Светловское рудное поле, 6–7 – Ожерелье, 8 – Выканское, 9 – Догадлынская Жила, 10 – Копыловское, 11 – Кавказ, 12 – Красное, 13 – Урахское, 14 – Чертово Корято, 15 – Джалагунское, 16 – Мало-Конкудерское рудное поле, 17 – Ходоканское); 11–14 – рудные районы: 11 – Бодайбинский, 12 – Патомо-Нечерский, 13 – Тонодский, 14 – Додыхтинско-Урахский



Рис. 2. Курумные развалы на склонах и вершинах водоразделов. Видны курумные «реки»

Предполагалось, что, как и в других подобных регионах, на склонах курумники представлены дальнепринесенными в основном безрудными породами (сохраняются только отдельные обломки кварца, в том числе золотоносного), которые и перекрывают минерализованные зоны в коренном залегании. Поэтому проведение поисковых работ по стандартным методикам не позволяет их локализовать. Для дальнейшего изучения и при проведении работ необходимо использовать «Методику поисков в сложных ландшафтных условиях», разработанную в ООО «СибГК» и развиваемую в ЦНИГРИ [2–4].

В 2015–2017 гг. поисковые работы за средства федерального бюджета были успешно проведены ООО «СибГК» (договор с АО «Росгеология») при участии ЦНИГРИ с применением «Методики...» [3, 5]. В результате были выявлены потенциально-промышленные рудопроявления Довгакитское и Ветвистое, оценены и апробированы в ЦНИГРИ прогнозные ресурсы категорий P_1 и P_2 .

Особенностью проведения поисков являлось то, что из «стандартных» методов площадных опережающих работ использовались только геологические маршруты, причём они проводились преимущественно по водоразделам, где вероятность перекрытия делювия ближнего сноса (информативного слоя) минимальна и получаемая информация наиболее достоверна. А в связи с тем, что на подготовительной стадии по комплексу признаков были выделены потенциальные рудоконтролирующие субширотные и северо-восточные разломы, для их изучения уже на первой стадии поисков использовались горные выработки – шурфы и бульдозерные канавы для вскрытия и опробования информативного слоя

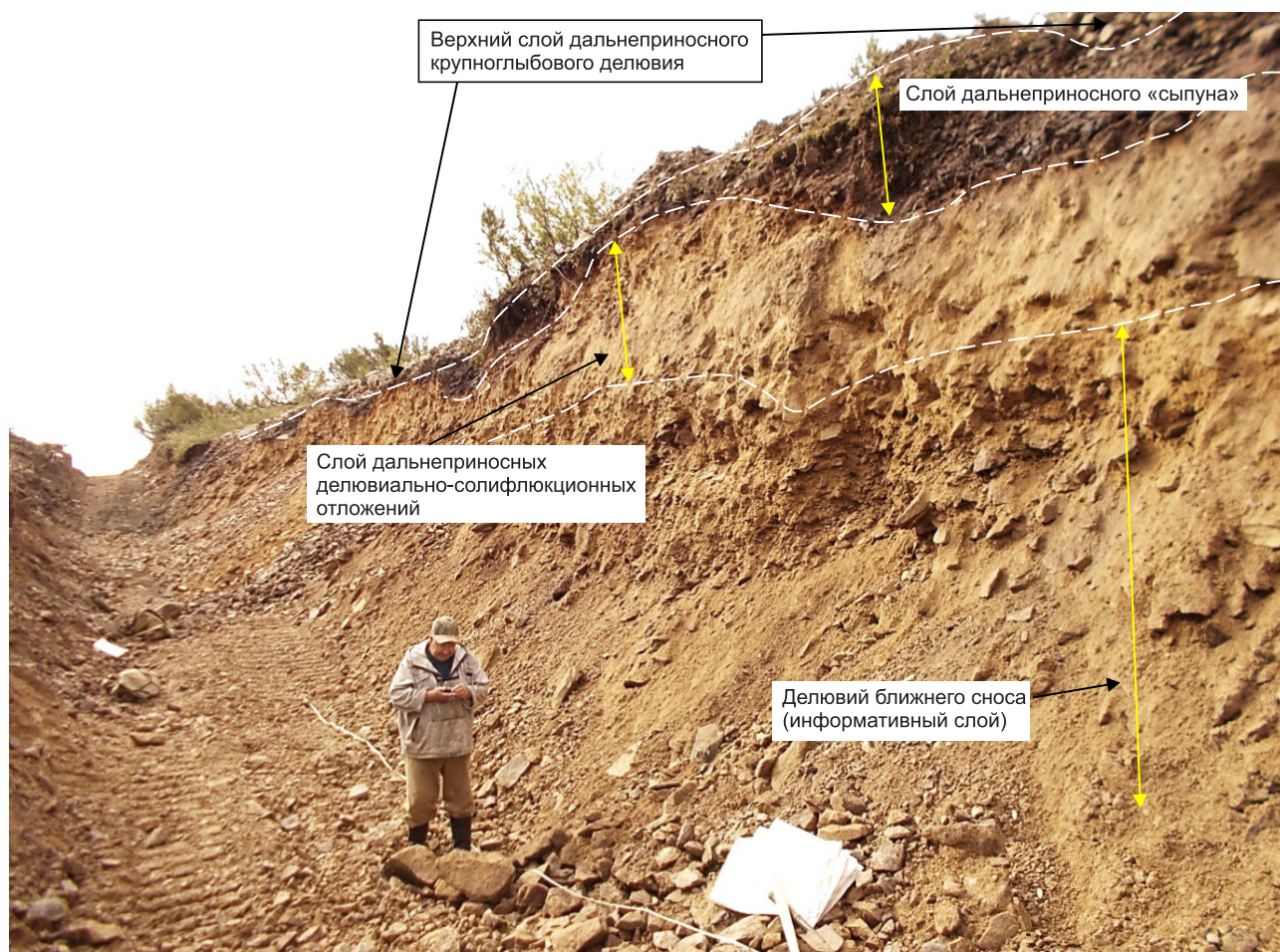


Рис. 3. Типовой разрез рыхлых отложений – перекрытие «слоями» дальнеприносных делювиальных и делювиально-солифлюкционных отложений делювия ближнего сноса (информативного слоя). Рудопоявление Ветвистое

делювиальных отложений с целью выявления и локализации зон гидротермально-метасоматических преобразований пород и определения степени их золотонности по результатам шлихового и литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния и первичным ореолам.

При проходке шурфов и бульдозерных канав было полностью подтверждено предположение о сложном «слоистом» строении рыхлых склоновых отложений: обычно под верхним дальнеприносным крупноглыбовым курумником залегает мелкоглыбово-щебенистый слой дальнеприносного делювия практически без связующего глинисто-песчаного материала («сыпун») – так как высыпается с бортов канавы при её проходке), перекрывающий либо делювий ближнего сноса, либо другие дальнеприносные делювиальные и делювиально-солифлюкционные «слои» [5] (рис. 3). Также повсеместно развита мно-

голетняя мерзлота, значительно осложняющая проходку горных выработок (рис. 4). Поэтому с помощью геологических маршрутов и стандартного литохимического опробования ранее и не были локализованы рудные зоны.

Геологическое строение. Икибзякское рудное поле расположено в «провесе кровли» в Байкало-Витимском «батолите» («ареал-плутоне») [6, 9], образованном верхнепалеозойскими гранитоидами конкудеро-мамаканского комплекса [3, 6]. В современном срезе они закартированы в виде массивов, штоков, мелких тел и даек, составляющих «раму» рудного поля, в «провесе кровли» вскрываются верхнерифейские образования – осадочно-вулканогенные метаморфизованные породы устькелянской толщи, прорванные интрузиями таллаинского и бамбукойского комплексов, перекрытые терригенными отложениями падроканской свиты венда (см. рис. 1). В северной



Рис. 4. Бульдозерная канава глубиной 1 м (расчистка), пройденная до многолетней мерзлоты (происходит её оттайка)

части рудного поля вскрываются углеродистые песчано-сланцевые отложения, отнесённые при ГСР-50 (В. В. Корж) к патомской серии рифея [6].

Устькелянская толща сложена метаэффузивами кислого и средне-основного составов, слагающими ксенолиты в рифейских гранитоидах. Метавулканыты обычно изменены до тектоно-сланцев и гнейсов метаморфическими, дислокационными и метасоматическими процессами. Возрастное положение толщи определяется обнаружением в её породах за пределами площади работ комплекса микрофоссилий, свойственного жуинскому горизонту позднего рифея [11].

Патомская серия. По данным В. В. Коржа (ГСР-50), разрез серии начинается с базальных конгломератов (10–80 м), выше которых залегают метапесчаники кварц-полевошпатовые и полевошпат-кварцевые иногда известковистые в переслаивании с углеродистыми мусковит-кварцевыми сланцами или двуслюдяными сланцами. В. В. Корж здесь выделял свиты местной стратиграфической шкалы (таличская, спаская), сопоставляемые со свитами баллаганахской подсерии патомской серии [6]. Породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфилолитовой фаций.

Венд. В северной части рудного поля ограничено распространены породы падроканской свиты этого возраста. Свита сложена в основном аркозовыми, реже полимиктовыми песчаниками с прослоями гравелитов и тёмно-серых алевросланцев, в основании залегает базальный горизонт полимиктовых конгломератов и гравелитов.

Четвертичные отложения представлены моренными, флювиогляциальными, аллювиальными, элювиальными, элювиально-делювиальными, делюви-

альными, коллювиальными, пролювиальными, делювиально-солифлюкционными отложениями.

Интрузивные образования представлены породами таллаинского, бамбукойского и конкудеро-мамаканского комплексов.

Таллаинский комплекс (муйский, по Л. И. Салопу [9] и ГСР-50) имеет двухфазное строение. Первая фаза сложена метаморфизованными габброидами, обычно рассланцованными и превращёнными в кварц-биотит-хлорит-плагиоклазовые ортосланцы с реликтовой габбро-диабазовой структурой. Они часто лиственизированы, прожилково окварцованы, эпидотизированы, хлоритизированы. Они прорывают метаэффузивы устькелянской толщи и, в свою очередь, прорваны плагиогранитами второй фазы. Вторая фаза сложена плагиогранитами, для которых характерно обилие ксенолитов вулканитов устькелянской толщи и метагабброидов первой фазы, с которыми плагиограниты имеют активные инъекционные контакты, участками переходящие в агматиты. В зоне контакта с габброидами первой фазы нередко образуются гибридные породы, по составу отвечающие диоритам и кварцевым диоритам, которые по мере удаления от контакта постепенно переходят в плагиограниты. В зонах рассланцевания плагиограниты березитизируются, в том числе с формированием кварцевой жильно-прожилковой минерализации. Породы обеих фаз являются вмещающими для золоторудной минерализации. Их позднерифейский возраст подтверждается радиологическими определениями, полученными на смежной с востока территории – 632 и 636 млн лет (U-Pb метод) [1, 8, 10].

Бамбукойский комплекс. Гранитоиды комплекса, относимые ранее к витимскому комплексу, слагают Довгакитский массив, сформировавшийся между Качиоканской и Икибзякской ветвями Право-Мамаканского глубинного разлома. Комплекс является рудовмещающим: рудопроявления и многочисленные пункты минерализации золота в кварцевых жилах установлены как непосредственно в гранитоидах, так и в породах устькелянской свиты и таллаинского комплекса, слагающих ксенолиты. Гранитоиды комплекса с размывом перекрываются терригенными отложениями падроканской свиты венда.

Контакты гранитов с вмещающими их габброидами (габбро-диабазами), как правило, резкие, секущие. В южной части, где в гранитоидах много ксенолитов, в последних наблюдаются многочисленные апофизы в виде разноразмерных жил и прожилков, нередко имеющих сетчатый характер, вплоть до образования магматических брекчий с обломками метагабброидов в гранитоидном субстрате.

Контактовое воздействие гранитоидов Довгакитского массива на вмещающие породы устькелянской

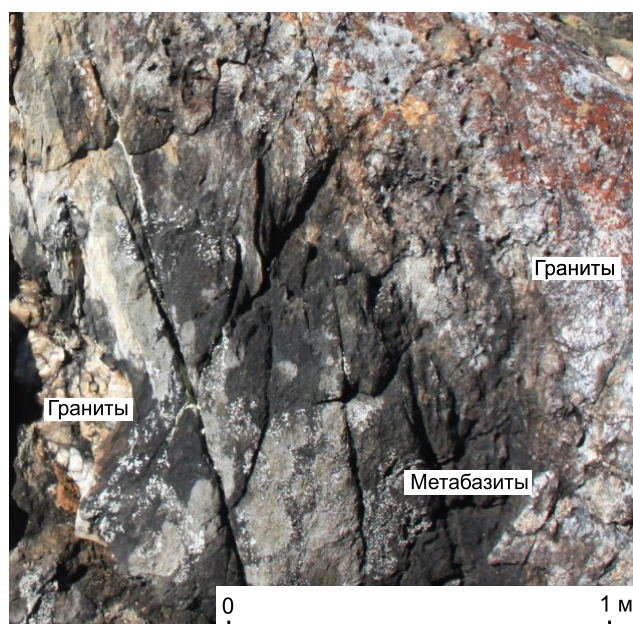


Рис. 5. Строение зоны взброса с крутонаклонным основным сместителем (и в целом разломной зоны) и субвертикальной ориентировкой расланцевания в ксенолите метабазитов в гранитах бамбукойского комплекса. Район рудопроявления Ветвистое

толщи и таллаинского комплекса проявлено с различной интенсивностью в приконтактной зоне шириной в десятки метров. Наиболее характерны биотитизация и интенсивное окварцевание по массе. Интенсивно окварцованные метаэффузивы устькелянской толщи, реже метагабброиды в приконтактной полосе местами имеют роговиковоподобный облик, теряют сланцеватость, становятся плотными, массивными, приобретают полураковистый излом.

Наиболее распространённые разновидности гранитоидов в пределах массива – гранофиновые граниты, гранит-порфиры, порфиroidные гранофиновые граниты – представляют собой светло-серые, серые с розоватым и зеленоватым оттенком массивные породы с порфировой структурой. Кварц-калишпатовая основная масса имеет характерную гранофиновую, микропегматитовую, реже гипидиоморфнозернистую структуру. Для всех разновидностей пород характерно проявление березитизации – от слабопроявленной (мусковитизация и прожилково-вкрапленная анкеритизация) до полнопроявленной. Именно с этим процессом связана золотоносность.

Позднерифейский возраст пород комплекса обосновывается геологическими методами: они прорывают породы верхнерифейского таллаинского комплекса и перекрываются вендскими отложениями.

Конкудеро-мамаканский комплекс. Гранитоиды комплекса, слагающие Ангаро-Витимский ареал-плутон, вскрываются в основном по периферии рудного поля, обрамляя площадь работ с северо-запада, запада и юга. В современном срезе они слагают краевые сегменты крупных массивов.

По вещественному составу и структурно-текстурным особенностям в комплексе выделяются три фазы [6]. На рассматриваемой территории установлены гранитоиды только первой фазы – это светло-серые, серые, реже красновато-серые, свежего облика, часто порфиroidные, субщелочные, лейкократовые, биотитовые, биотит-амфиболовые, мелко-средне-крупнозернистого сложения граниты, реже гранодиориты.

Возраст комплекса, определённый по цирконам из гранитов U-Pb методом, 300–330 млн лет [6].

Структура рудного поля. Наличие в центральной части Икибзякского рудного поля между Качиоканской и Икибзякской ветвями разрывных нарушений рудоконтролирующего Право-Мамаканского глубинного разлома «жесткого» блока – Довгакитского массива гранитоидов – обусловило формирование системы смыкающих и оперяющих разломов преимущественно субширотной и северо-восточной ориентировок (см. рис. 1). В условиях взбросо-сдвиговых деформаций эти системы были благоприятны для рудолокализации. Они формируют зоны интенсивного расланцевания, смятия и брекчирования пород, сопровождающиеся метасоматическими преобразованиями березит-лиственитового ряда и золотоносным жильно-прожилковым окварцеванием. Внутреннее строение разломных зон обычно сложное – наряду с крутопадающими деформационными поверхностями часто формируются пологие оперяющие (рис. 5). Деформации были многостадийными, расланцевание проявлялось неоднократно, в том числе после формирования кварцевых жил и прожилков, в результате чего последние сминались в складки, разлинзовывались (рис. 6). Расслацевание сопровождалось березитизацией (в гранитоидах и кислых эффузивах) или лиственитизацией (в метабазитах) и происходило в условиях сжатия: кварцевые прожилки, сформированные в сколовых трещинах, сминались в складки даже в гранитах, причём интенсивность складчатости отчётливо связана с интенсивностью расланцевания (рис. 7).

Граниты в зонах катаклаза, дробления и брекчирования березитизируются – на начальной стадии процесса формируется несколько систем сколовых и отрывных трещин, обычно взаимно пересекающихся с формированием брекчиевых текстур с обломками неправильной или округло-линзовидной формы вплоть до образования зон дробления (рис. 8).



Рис. 6. Смятые в складки кварцевые жилы (белое) в рассланцованных гранитах и метабазитах. Район рудопроявления Ветвистое

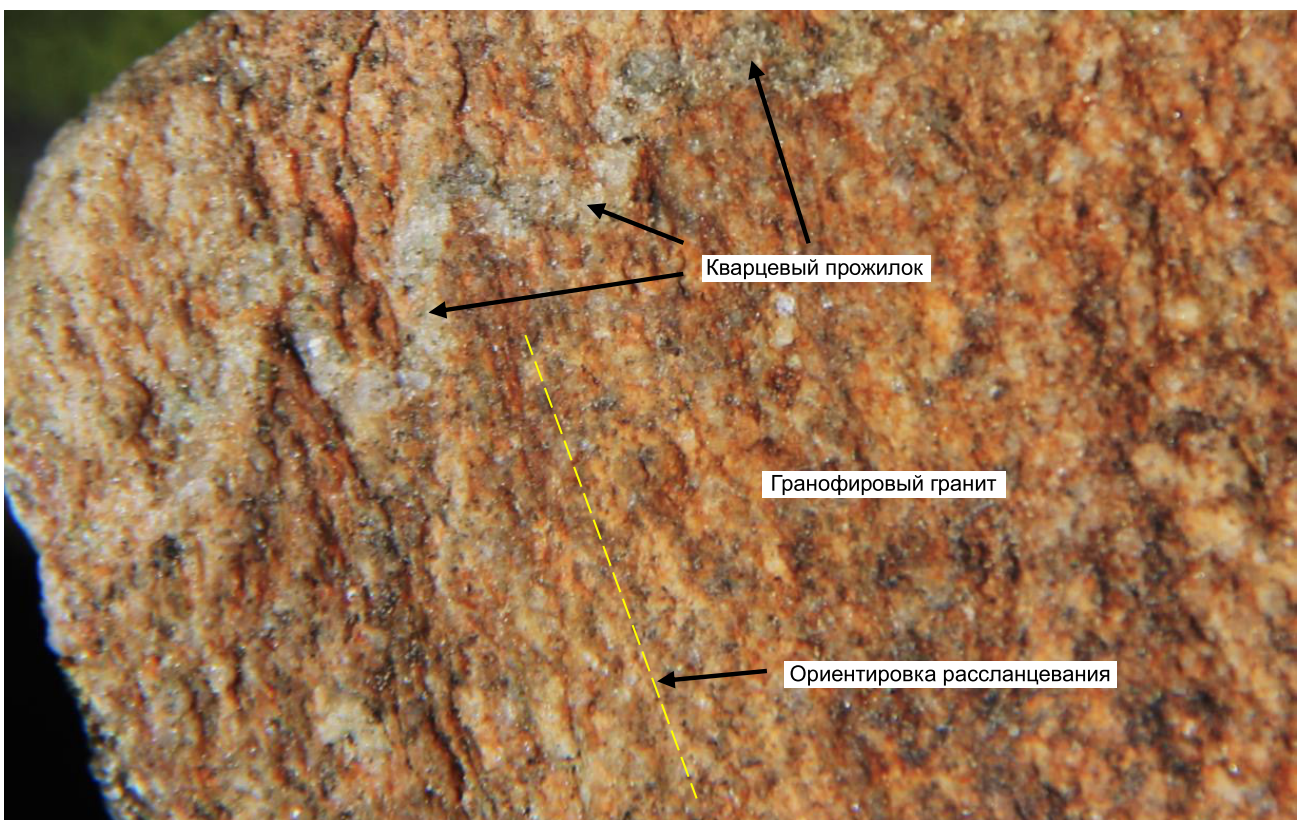


Рис. 7. Смятие в складки кварцевого прожилка при рассланцевании и березитизации гранитов

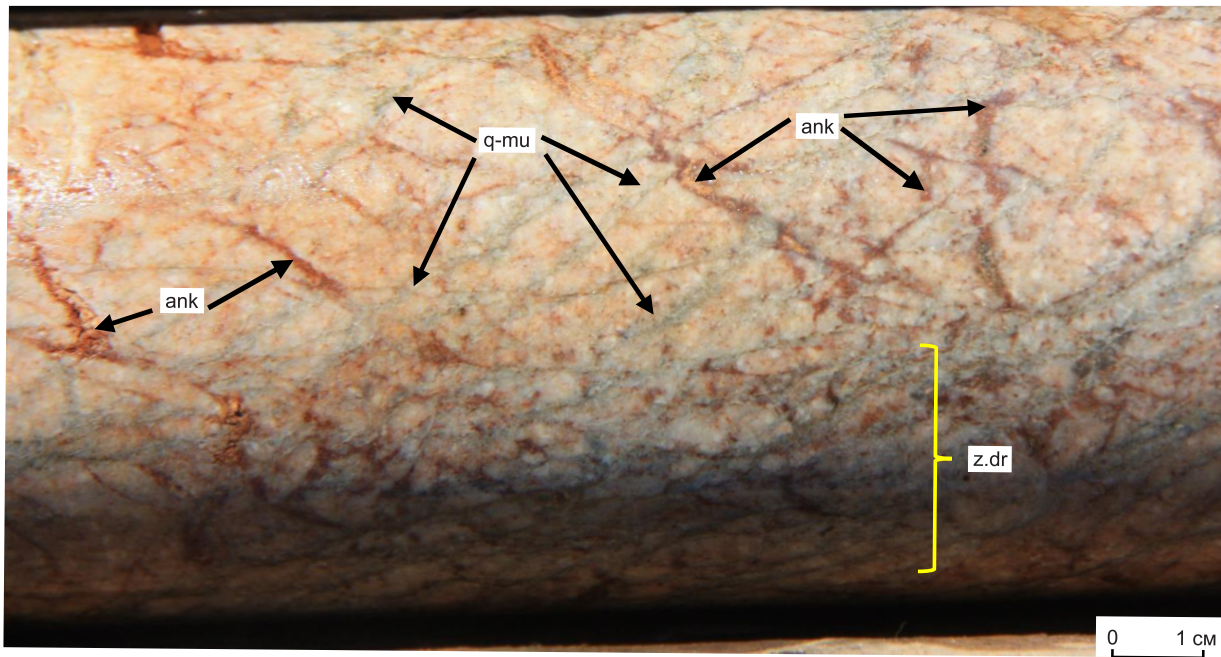


Рис. 8. Деформированные и березитизированные граниты в зонах рассланцевания:

q – кварц, ank – лимонитизированный анкерит, mu – мусковит, z.dr – зона дробления

В трещинках сколового типа обычно в процессе деформации происходит мусковитизация пород – образуются зонки мусковитового, кварц-мусковитового, анкерит-хлорит-мусковитового состава, отрывные трещины обычно выполнены кварц-анкеритовым или анкеритовым агрегатом.

Метабазиты в зонах рассланцевания лиственитизируются – превращаются в кварц-мусковит-хлоритовые сланцы с интенсивной железо-магнезиальной карбонатизацией (брейнерит), с хлорит-брейнерит-кварцевым прожилкованием, с вкрапленной магнетитовой, пирротиновой, халькопиритовой и пиритовой минерализацией (рис. 9).

Довгакитское рудопроявление расположено в западной части рудного поля между двумя субширотными рудоконтролирующими разломами. Оба рудоконтролирующих разлома отчетливо дешифрируются на космоснимках. Образованная этими нарушениями узкая тектоническая пластина осложнена серией смыкающих высокопорядковых, кососекущих, также субпараллельных, малоамплитудных взбросов северо-западной ориентировки. Породы в разломных зонах милонитизированы, рассланцованы, часто раздроблены, переработаны гидротермально-метасоматическими процессами: гранитоиды березитизированы, метабазиты лиственитизированы, проявлено жильно-прожилковое окварцевание различной интенсивности.

Здесь по материалам документации информативного слоя делювия в бульдозерных канавах, геологических маршрутов, шлихового и литохимического опробования прогнозируется несколько золоторудных жильно-прожилковых зон, одна из которых (рудная зона Рыжая) вскрыта канавами и скважинами. Зона имеет запад-северо-западное простирание и «смыкает» рудоконтролирующие субширотные разломы (см. рис. 1). Вмещающими породами являются мезократовые биотитовые мелко-среднезернистые граниты с переменным количеством темноцветных минералов, иногда меланократовые до амфибол-биотитовых гранодиоритов. Гранитоиды участка нередко содержат многочисленные мелкие ксенолиты ороговикованных метавулканитов устькелянской толщи и метабазитов таллаинского комплекса. Рудная зона горными выработками прослежена по простиранию на 500 м, скважинами заверена по падению. Простирание зоны северо-западное (290–300°), падение крутое (55–65°) юго-западное. Представляет собой жильно-прожилковую зону в березитах среди березитизированных гранитов, количество кварца по объёму достигает 50 % (рисунки 10, 11). Жилы и прожилки интенсивно деформированы, разлинзованы, отмечаются фрагменты замковых частей складок. Они имеют анкерит-кварцевый состав, отмечается вкрапленность пирита, содержание которого не превышает нескольких процентов.

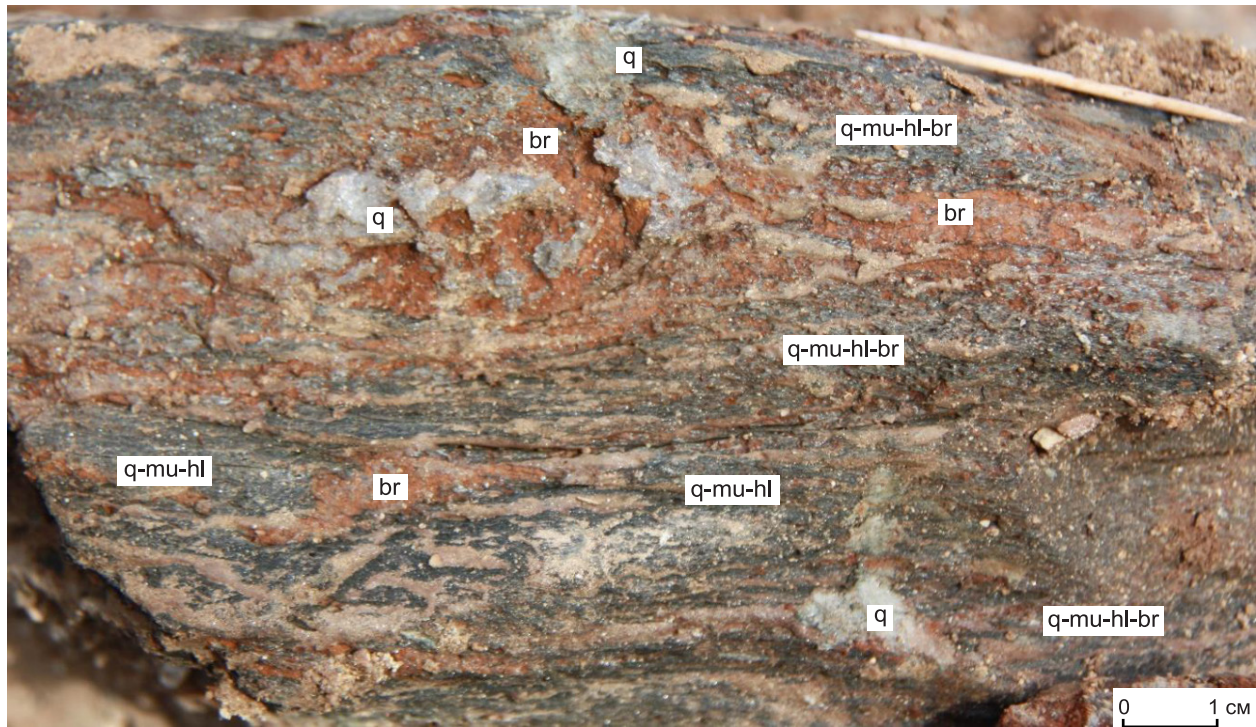


Рис. 9. Листвениты по метабазитам:

q – кварц, mu – мусковит, hl – хлорит, br – лимонитизированный брейнерит

Свое название зона получила из-за рыжего цвета березитов за счёт обильного лимонитизированного анкерита как вкрапленного, так и тонко-прожилкового (см. рис. 10).

Кварц в зоне окисления в канавах сливной, сильно трещиноватый, участками кавернозный, с вкрапленной и гнездовой пиритовой минерализацией. В кавернах мелкосетчатый, ячеистый («ящичный») лимонит, светло-бурые, желтовато-серые и серо-белые охры по вторичным минералам свинца и цинка, корки и игольчато-лучистые агрегаты травяно-зелёного пироморфита, многочисленные знаки золота изометричной комковидной и неправильно пластинчатой формы, размером от 0,1–0,2 до 0,5–0,7 мм. Березиты в пределах зоны интенсивно рассланцованы, превращены в ортосланцы, обильно пиритизированы, прожилково окварцованы, часто отмечается видимое золото.

В скважинах (см. рис. 11) жильный кварц содержит вкрапленную, гнездовую и гнездово-прожилковую пирит-халькопирит-галенитовую и золотую минерализацию. Визуально часто отмечаются знаки золота размером 0,1–0,5 мм.

Минералогическим анализом практически во всех бороздовых и керновых пробах в значимых содер-

жаниях установлены пирит и галенит, отмечаются сфалерит, магнетит, акантит, молибденит, халькопирит, вульфенит. Золото свободное, по результатам минералогического анализа в керновых пробах по весовой доле преобладают золотины класса 0,25–0,5 мм (более 70 %), единичные знаки размером 0,5–1,0 мм (см. рис. 11, врезка). В бороздовых пробах более 70 % золотины имеют размерность +0,25 мм, но, в отличие от керновых проб, размерность около половины из них составляет +0,5 мм, отмечаются единичные знаки размером более 1 мм. Очевидно, это объясняется весом проб – у бороздовых он в два раза больше керновых. Данный факт свидетельствует о высокой доле крупного золота в рудах. Для достоверного определения содержаний золота в рудной зоне требуется не только увеличивать диаметр керна, но и для контроля достоверности бороздового и кернового опробования использовать валовое опробование [3]. Формы выделений золота разнообразны: преобладают гемидиоморфные формы – комковидные, уплощённые, уплощённо-вытянутые золотины с ограниченными выступами, часто с отростками в виде нечётко выраженных кристаллов, сростков таких кристаллов. Отмечаются сростки золота с пиритом (с лимонитом по пириту) и галенитом.

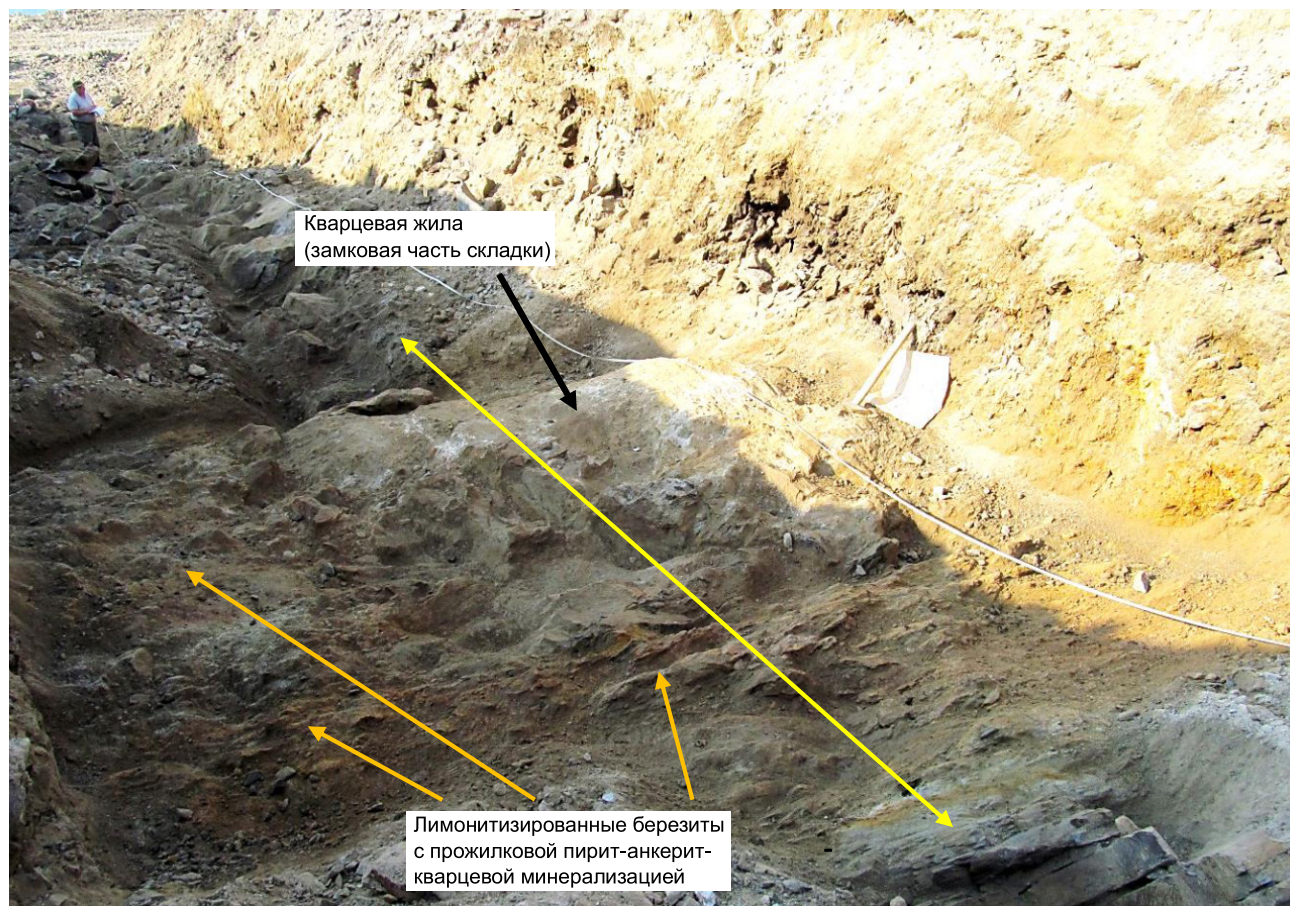


Рис. 10. Вскрытая в канаве рудная жильно-прожилковая зона Рыжая (жёлтая стрелка). Рудопроявление Довгакитское

По данным спектрального анализа, рудная зона характеризуется повышенными содержаниями свинца (до 0,46 %), серебра (до 10 г/т), меди, цинка, олова, молибдена, висмута.

Средняя истинная мощность рудной зоны Рыжая составила 5,0 м, средние содержания золота 5,68 г/т при коэффициенте рудоносности 0,73.

Рудопроявление Ветвистое расположено в восточной части Икибзякского рудного поля и контролируется зоной северо-восточного рудоконтролирующего разлома (см. рис. 1). Он представлен серией сближенных, параллельных, малоамплитудных взбросов и зон интенсивного расланцевания в поле дробленных, сильно катаклазированных и брекчированных пород в экзо-эндоконтакте Довгакитского гранитоидного массива с вмещающими метабазитами таллаинского комплекса и устькелянской толщи.

В результате проведённых работ в пределах рудопроявления установлены золотоносные минерализованные зоны северо-восточной ориентировки,

в которых проявлены гидротермально-метасоматические преобразования лиственит-березитового ряда, жильно-прожилковое окварцевание, березитизация и лиственитизация пород. Наиболее изучена минерализованная зона № 1, в которой выявлена одноимённая рудная зона Центральная с промышленными параметрами (см. рис. 1).

Минерализованная зона № 1 северо-восточного простирания (азимут 50°) пересекает гранитоиды бамбукойского комплекса с многочисленными различного размера ксенолитами метабазитов устькелянской свиты и таллаинского комплекса. Граниты интенсивно катаклазированы, расланцованы, участками брекчированы, березитизированы (до березитов). Метаэффузивы средне-основного состава устькелянской толщи и метагабброиды таллаинского комплекса в ксенолитах расланцованы до ортосланцев и лиственитизированы (до лиственитов). Для березитов характерны интенсивное окварцевание по массе, обильная серицитизация по полевым шпатам по массе и в виде зон, крапленность рассеянного

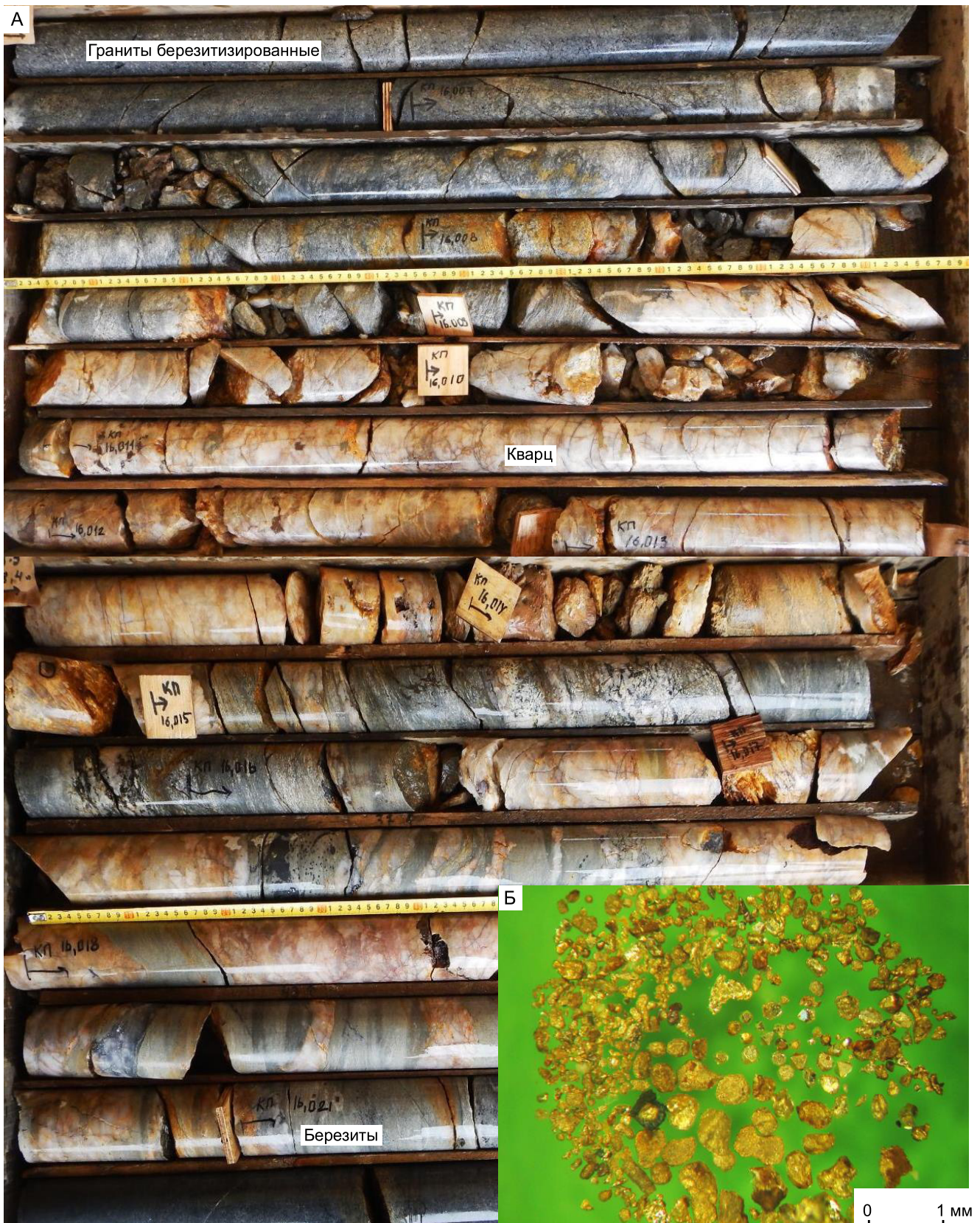


Рис. 11. Строение рудной жильно-прожилковой зоны Рыжая, скв. 16, инт. 20,7–35,7 м, диаметр керна 63 мм (А); выделенное при минералогическом анализе проб-протолок («хвостов» керновых проб) самородное золото (Б)

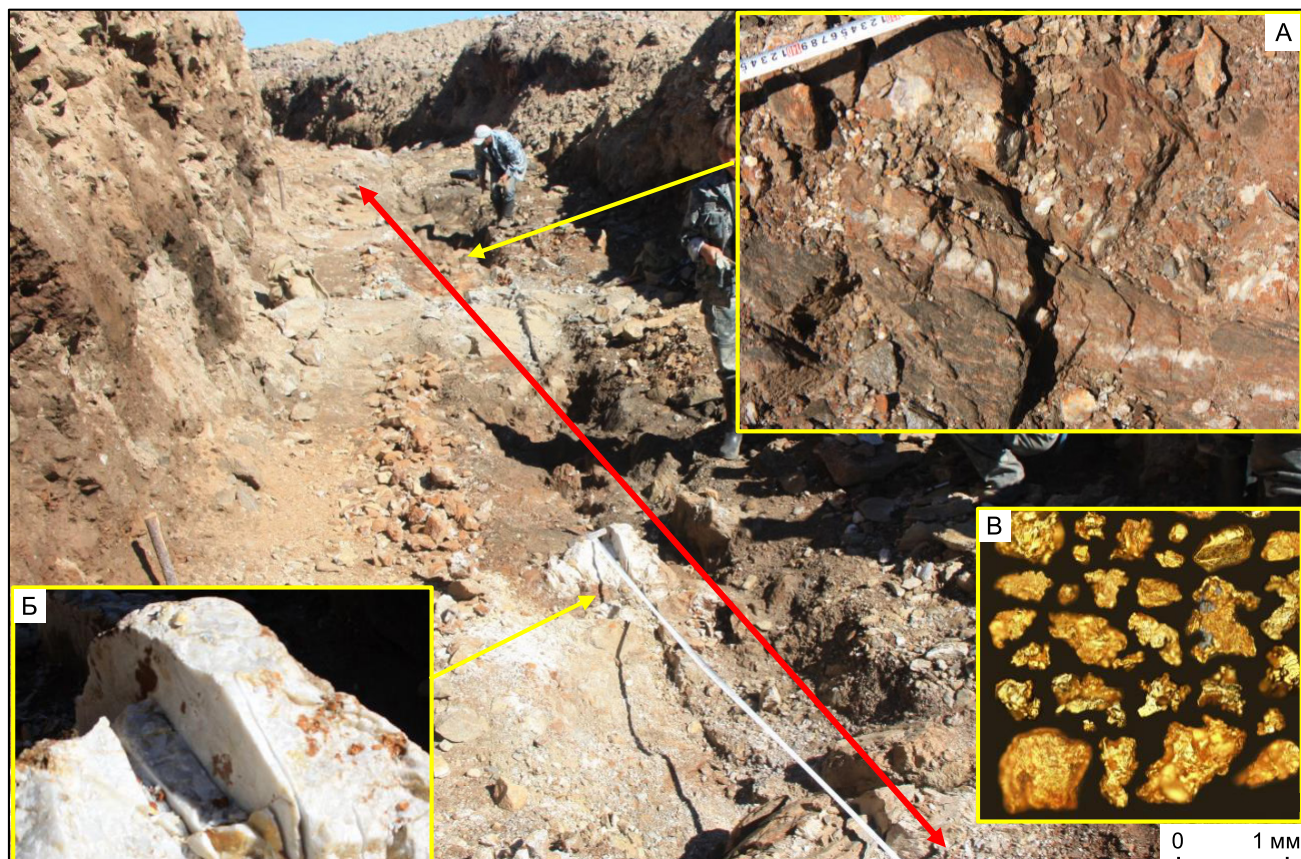


Рис. 12. Рудопоявление Ветвистое, рудная зона Центральная, вскрытая в канаве (красная стрелка):

А – анкерит кварцевые (белые) и брейнерит-кварцевые (бурые) прожилки в лиственитах; Б – анкерит-кварцевая жила с видимым золотом; В – золото из проб-протолок

и мелкогнездового пирита (1–5 %), мелкогнездовая и линзовидно-прожилковая железо-магнезиальная карбонатизация (анкерит – 5–15 %, иногда до 50 %). В метабазах, особенно в метаэффузивах среднего состава, резко доминируют процессы полиморфной (чаще порфиробластовой и гнездовой) железо-магнезиальной карбонатизации (анкерит, брейнерит – 10–25 %, нередко до 50 %), участками интенсивно проявлено гнездовое и неправильно-линзовидное карбонат-кварцевое прожилкование, характерна рассеянная вкрапленность магнетита и пирита, иногда халькопирита. В зоне окисления породы интенсивно лимонитизированы.

В пределах минерализованной зоны № 1 выделена рудная зона Центральная, по своим параметрам соответствующая промышленному золоторудному объекту. Она выделяется по проявлению жильно-прожилкового окварцевания, представленного отдельными деформированными кварцевыми жилами мощностью до 0,6 м и интенсивным прожилкова-

нием с различной мощностью прожилков (рис. 12). Степень насыщенности пород жильным кварцем в различных частях рудной зоны варьирует от 3–5 % до 15–25 % и более. Жилы и прожилки имеют (анкерит, брейнерит)-кварцевый состав, для них характерна убогая сульфидная минерализация, представленная пиритом, халькопиритом, галенитом, часто отмечается видимое самородное золото (см. рис. 12). Большинство кварцевых жил минерализованной зоны имеет северо-восточное простирание (30°–60°) и крутое (50°–90°) северо-западное падение. Прожилки мощностью от 0,1 до 10,0 см имеют разнообразную ориентировку.

В кварцевых жилах анкерит, часто лимонитизированный, обычно встречается в виде гнёзд размером до нескольких сантиметров. Пирит отмечается как в приконтактных частях, так и в средних частях жил в виде отдельных кубических кристаллов или их сростков. Самородное золото обычно видно в кварце на контакте с гнёздами анкерита или окисленном пирите.

Тонкопрожилковая брейнерит-кварцевая минерализация характерна для лиственитов, представляющих собой буровато-тёмно-зелёные, мелкозернистые, биотит-хлоритовые сланцы по метабазитам обильно карбонатизированные (брейнерит + кальцит). При выщелачивании брейнерит лимонитизируется, вследствие чего породы приобретают рыжий цвет (см. рисунки 9, 12).

По березитам и березитизированным гранитам сформированы ортосланцы, интенсивно обохренные в поверхностных условиях в канавах. В ортосланцах наблюдается вкрапленность пирита и халькопирита, реже пирротина и магнетита. Анкерит-кварцевые разноориентированные прожилки, занимающие обычно 10–20 % объёма породы, содержат вкрапленность халькопирита, галенита.

По результатам исследования обогатимости технологической пробы, проведённого АО «Тулское НИГП», одностадийное гравитационное обогащение руды позволяет извлечь в концентрат 85,86 % золота. Разработано три варианта технологических схем: прямое цианирование руды, гравитационная, флотационно-цианистая. Все три технологии обеспечивают показатели извлечения золота на уровне 84–86 %. Полученные гравитационный и флотационный концентраты являются кондиционными по содержанию золота.

По данным минералогического анализа, золото рудной зоны Центральная представлено в основном уплощёнными и удлинёнными выделениями неправильной формы (см. рис. 12). Преобладают комковидные, уплощённые, уплощённо-вытянутые золотины с ограниченными выступами, часто с отростками в виде нечётко выраженных кристаллов. Распределение золота по размерам достаточно неравномерно: $-0,05-0,1$ мм – от 2 до 65 %; $-0,1-0,25$ мм – от 30 до 60 %; $-0,25-0,5$ мм – от 5 до 35 %; $-0,5-1,0$ мм – от 0 до 2 %; >-1 мм – единичные знаки. Отмечается, что золотины размером $0,05-0,1$ мм преобладают в пробах с высокими содержаниями халькопирита и галенита. В целом весовая доля золота крупностью более $0,1$ мм находится в пределах 96–100 %. До 40 % (в отдельных пробах) обнаруженных золотин находятся в сростках с кварцем и лимонитом по пириту. Встречаются сростки золота с мусковитом (серицитом), слюдисто-кварцевой породой, в редких и единичных случаях с галенитом и сильно окисленным халькопиритом. Совместно с золотом всегда встречаются пирит, часто магнетит, халькопирит, галенит, сфалерит, блёклые руды, акантит, телуровисмутит, висмутин, гематит и гематит-мартит, ильменит.

При бортовом содержании $0,5$ г/т средняя мощность рудной зоны составила $14,4$ м, средние содер-

жания золота $5,4$ г/т при коэффициенте рудоносности $0,53$.

Резюме. Таким образом, в Байкало-Патомской металлогенической провинции впервые выявлен потенциально-промышленный золоторудный объект, локализованный в гранитоидах. Это свидетельствует о необходимости проведения специального анализа всех геологических, геохимических и геофизических материалов с целью локализации участков, перспективных на выявление новых подобных золоторудных объектов. Один из таких участков, Верхне-Орловский, уже выделен ООО «СибГК» и ФГБУ «ЦНИГРИ» в качестве перспективного, и в 2020 г. на нём начаты поисковые работы за средства федерального бюджета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булдыгеров В. В., Срывцев Н. А., Исаков Ю. А. О раннепалеозойском вулканизме центральной части Байкальской горной области // Геология и геофизика. – 1995. – № 1. – С. 31–38.
2. Иванов А. И. Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района и новые аспекты их поисков // Разведка и охрана недр. – 2004. – № 8–9. – С. 17–23.
3. Иванов А. И. Золото Байкало-Патомы (геология, оруденение, перспективы). – М.: ЦНИГРИ, 2014. – 215 с.
4. Иванов А. И. Золотоносность Байкало-Патомской золоторудной провинции // Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – М., 2010. – 50 с.
5. Иванов А. И., Конкин В. Д., Агеев Ю. Л., Молочный В. Г. Особенности поисков золоторудных месторождений в районах развития делювиальных курумных развалов // Отечественная геология. – 2017. – № 6. – С. 14–24.
6. Иванов А. И., Лившиц В. И., Перевалов О. В. и др. Докембрий Патомского нагорья. – М.: Недра, 1995. – 353 с.
7. Казакевич Ю. П., Шер С. Д. и др. Ленский золотоносный район. Т. 1.: Стратиграфия, тектоника, магматизм и проявления коренной золотоносности. – М.: Недра, 1971. – 164 с.
8. Неймарк Л. А., Ларин А. М., Немчин А. А. и др. Геохимические, геохронологические (U-Pb) и изотопные (Pb, Nd) свидетельства анорогенного характера магматизма Северо-Байкальского вулcano-плутонического пояса // Петрология. – 1998. – Т. 6, № 2. – С. 139–164.
9. Салоп Л. И. Геология Байкальской горной области. Т. 2: Магматизм, тектоника, история геологического развития. – М.: Недра, 1967. – 699 с.

10. Срывцев Н. А., Халилов В. А., Булдыгеров В. В., Переляев В. И. Геохронология гранитоидов Байкало-Муйского пояса // Геология и геофизика. – 1992. – № 9. – С. 15–24.
11. Станевич А. М., Переляев В. И. К стратиграфии позднего докембрия Средне-Витимской горной страны (Делюн-Уранский горный хребет) // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – С. 1642–1652.

REFERENCES

1. Buldygerov V. V., Sryvtsev N. A., Isakov Yu. A. O ranepaleozoyskom vulkanizme tsentral'noy chasti Baykal'skoy gornoy oblasti [Early Paleozoic volcanism in the central part of the Baikal mountain region], *Geologiya i geofizika*, 1995, No. 1, P. 31–38. (In Russ.)
2. Ivanov A. I. Zakonomernosti formirovaniya zolotorudnykh mestorozhdeniy Bodaybinskogo rudnogo rayona i novyye aspekty ikh poiskov [Regularities of the formation of gold deposits in the Bodaibo ore region and new aspects of their search], *Razvedka i okhrana neдр*, 2004, No. 8–9, P. 17–23. (In Russ.)
3. Ivanov A. I. Zoloto Baykalo-Patoma (geologiya, orudneniye, perspektivy) [Gold of Baikal-Patom (geology, mineralization, prospects)], Moscow, FGUP TSNIGRI publ., 2014. 215 p. (In Russ.)
4. Ivanov A. I. Zolotonosnost' Baykalo-Patomskoy zolotorudnoy provintsii [Gold content of the Baikal-Patom gold ore province], *Avtoref. diss....d-ra geol.-mineral. nauk*, M., 2010, 50 p. (In Russ.)
5. Ivanov A. I., Konkin V. D., Ageyev Yu. L., Molochnyy V. G. Osobennosti poiskov zolotorudnykh mestorozhdeniy v rayonakh razvitiya delyuvial'nykh kurumovykh razvalov [Peculiarities of prospecting for gold ore deposits in areas of deluvial kurum breakdowns], *Otechestvennaya geologiya*, 2017, No. 6, P. 14–24. (In Russ.)
6. Ivanov A. I., Livshits V. I., Perevalov O. V. et al. Dokembriy Patomskogo nagor'ya [Precambrian of the Patom Upland], Moscow, Nedra publ., 1995. 353 p. (In Russ.)
7. Kazakevich Yu. P., Sher S. D. et al. Lenskiy zolotonosnyy rayon. T. 1.: Stratigrafiya, tektonika, magmatizm i proyavleniya korennoy zolotonosnosti [Lensk gold-bearing region. T. 1: Stratigraphy, tectonics, magmatism and manifestations of indigenous gold content], Moscow, Nedra publ., 1971. 164 p. (In Russ.)
8. Neymark L. A., Larin A. M., Nemchin A. A. et al. Geokhimicheskiye, geokhronologicheskiye (U-Pb) i izotopnyye (Pb, Nd) svidetel'stva anorogennogo kharaktera magmatizma Severo-Baykal'skogo vulkano-plutonicheskogo poyasa [Geochemical, geochronological (U-Pb) and isotopic (Pb, Nd) evidence of the anorogenic character of magmatism in the North-Baikal volcano-plutonic belt], *Petrologiya*, 1998, V. 6, No. 2, P. 139–164. (In Russ.)
9. Salop L. I. Geologiya Baykal'skoy gornoy oblasti. T. 2: Magmatizm, tektonika, istoriya geologicheskogo razvitiya [Geology of the Baikal Mountain Region. Vol. 2: Magmatism, tectonics, history of geological development], Moscow, Nedra publ., 1967. P. 699. (In Russ.)
10. Sryvtsev N. A., Khalilov V. A., Buldygerov V. V., Perelyayev V. I. Geokhronologiya granitoidov Baykalo-Muysskogo poyasa [Geochronology of granitoids of the Baikal-Muya belt], *Geologiya i geofizika*, 1992, No. 9, P. 15–24. (In Russ.)
11. Stanевич А. М., Переляев В. И. К стратиграфии позднего докембрия Средне-Витимской горной страны (Делюн-Уранский горный хребет) [On the Late Precambrian stratigraphy of the Middle Vitim mountainous country (Delyun-Uran mountain range)], *Geologiya i geofizika*, 1997, V. 38, P. 1642–1652. (In Russ.)