

Вещественный состав и геолого-структурная позиция золотоносных гидротермально-метасоматических образований бассейна р. Анабар (северо-восток Сибирской платформы)

Б.Б. Герасимов

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия
Gerasimov@yandex.ru

Аннотация. Изучены минералогические особенности золотоносных гидротермально-метасоматических образований Анабарского района. Основным первичным субстратом для них являются трещиноватые приразломные доломиты анабарской свиты кембрийского возраста. Наряду с этим впервые в кернах разведочных скважин обнаружены гидротермалиты, развитые по слабоцементированным мелкогалечным кварцевым конгломератам раннепермского возраста. Выделено два типа метасоматических пород: кварц-калишпатовой и джаспероидной. Выявлено, что главными рудными минералами являются галенит и пирит с различными соотношениями по участкам. На участках «Биллях» и «Курунг Юрях» главным рудным минералом является вкрапленный галенит, а на участке «Средний Маят» – пирит. На участке «Истоки Маят», где изучены сульфидизированные породы с глубины более 25 м, основным рудным минералом служит пирит, который имеет прожилковый и сплошной характер развития. Золото выявлено в виде мелких выделений в карбонатном и кремнистом субстрате гидротермально-метасоматических образований на всех изученных участках. В качестве одного из ведущих благоприятных факторов для рудообразования установлен литологический фактор – наличие приразломных высокопроницаемых трещиноватых карбонатных и слабоцементированных терригенных горных пород. Структурный контроль изученных рудных проявлений определяется их локализацией в Маят-Догойском и Догой-Куойском разломах Молодо-Поппайской системы разрывных нарушений. Предполагается двухэтапное формирование золоторудных проявлений: в первый этап происходило образование рудного вещества в виде первичных гидротермально-осадочных руд в приразломных зонах. Второй этап связан с процессами мезозойской тектономагматической активизации, когда при внедрении базитовых даек происходила мобилизация рудного вещества и в результате кремнекалиевого метасоматоза кембрийских карбонатных и пермских терригенных пород в приразломной зоне образовались золотосульфидные проявления.

Ключевые слова: Анабарский рудно-россыпной район, гидротермально-метасоматические образования, калишпатизация, джаспероиды, рудная минерализация, зона разломов, рудное золото, сульфиды **Благодарности.** Работа выполнена по государственному заданию ИГАБМ СО РАН и частично в рамках хоздоговорных работ с АО «Алмазы Анабара».

Введение

Бассейн р. Анабар относится к одноименному рудно-россыпному району, который расположен на северо-восточной части Сибирской платформы и относится к Лено-Анабарской полиминеральной россыпной субпровинции [1]. Проблема установления коренных источников весьма мелкого россыпного золота, широко распространенного на территории Анабарского района, до сих пор остается актуальной. Большинство исследователей связывали россыпную золотоносность исследуемой территории с докембрийскими кварцевыми и кварц-карбонатными жилами [2–4].

А.П. Смелов с соавторами [5] прогнозировали в Котуйканской и Билляхской зонах тектонического меланжа Анабарского щита месторождения Au, Cu, Mo, Ag медно-порфирирового типа, связанных с массивами магматических пород диорит-гранодиорит-монцитовой натриево-калиевой и диорит-гранодиорит-гранитной калиевой формаций. З.С. Никифоровой с соавторами на основании изучения минералого-геохимических особенностей самородного золота было обосновано два основных этапа рудообразования для всего востока Сибирской платформы, в том числе и исследуемой территории – докембрийский

и мезозойский [6]. Однако, немногочисленные поисковые работы до последнего времени не привели к обнаружению коренных источников россыпей.

За последние годы в результате поисковых маршрутов нами обнаружены и изучены гидротермально-метасоматические образования с золотосульфидной минерализацией, локализованные в зонах разломов [7].

Методы и материалы исследования

Продолжаются работы по выявлению новых участков с золоторудными проявлениями исследуемого района. Были опробованы гидротермально измененные доломиты анабарской свиты среднего кембрия в плотике отработанной комплексной золото-алмазоносной россыпи реч. Курунг-Юрях и обнажения этих же доломитов в среднем течении реч. Маят. Кроме этого изучены керновые образцы с разведочных буровых

линий, пройденных в истоках реч. Маят (рис. 1). Результаты этих исследований приводятся в данном сообщении.

Поисковые маршруты проводились на участках искусственных (руслоотводные каналы, полигоны отработанных россыпей, площадки дорожных расчисток) и природных обнажений гидротермально измененных доломитов анабарской свиты среднего кембрия. Штуфы и образцы горных пород отбирались главным образом в зонах дробления, приуроченных к разрывным нарушениям. Вес штуфов составлял от 5 до 10 кг.

Отбор и описание керновых образцов производились на кернохранилище прииска «Маят» АО «Алмазы Анабара». Изучен керн из разведочных линий колонкового бурения, пройденных в водораздельной части рек Маят и Моргогор (см. рис. 1).

Химический состав минералов определялся при помощи энергетического спектрометра

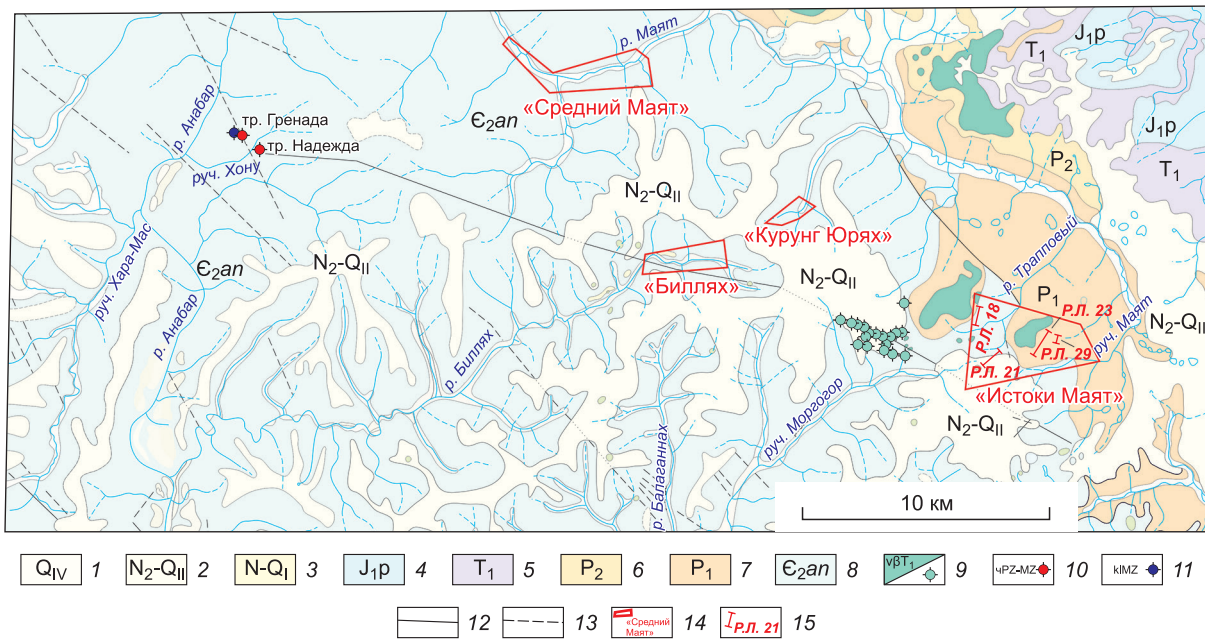


Рис. 1. Схематическая геологическая карта бассейна среднего течения р. Анабар [3]. 1 – четвертичные отложения; 2 – верхнеплиоценовые-среднечетвертичные суглинки, пески, галечники; 3 – неоген-нижнечетвертичные реликтовые галечники; 4 – юрские песчаники, алевролиты; 5 – триасовые базальты и их туфы; 6 – верхнепермские песчаники; 7 – нижнепермские песчаники, конгломераты; 8 – доломиты анабарской свиты кембрия; 9 – мезозойские интрузивные образования; 10 – трубки кимберлитов; 11 – дайки щелочных пикритов; 12 – тектонические нарушения установленные; 13 – тектонические нарушения предполагаемые; 14 – участки работ; 15 – разведочные линии колонкового бурения.

Fig. 1. Schematic geological map of the basin of the middle course of the Anabar river [3]. 1 – Quaternary deposits; 2 – Upper Pliocene – Middle Quaternary loams, sands, pebbles; 3 – Neogene–Lower Quaternary relict pebbles; 4 – Jurassic sandstones, siltstones; 5 – Triassic basalts and their tufts; 6 – Late Permian sandstones; 7 – Early Permian sandstones, conglomerates; 8 – dolomites of the Anabar formation of the Cambrian; 9 – Mesozoic intrusive formations; 10 – kimberlite pipes; 11 – dikes of alkaline picrites; 12 – determined tectonic disturbances; 13 – assumed tectonic disturbances; 14 – areas of work; 15 – exploratory core drilling lines.

«OXFORD» INCA-sight фирмы «JEOL», оснащенного аналитическими приставками Oxford Instruments (волновой и энергодисперсионный спектрометры). Съёмки проводились при следующих условиях: ускоряющее напряжение 20 кВ; ток зонда 1,09 нА; время измерения 7 с; аналитические линии: Au – Ма, Ag – а, другие элементы – Ка.

Краткая геологическая характеристика района работ

В геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие карбонатные породы кембрийского, терригенные отложения пермского и вулканогенные образования триасового возраста, перекрытые рыхлыми неогеновыми и четвертичными осадками (см. рис. 1). Магматические породы представлены интрузивными телами основного и щелочно-ультраосновного состава триасового возраста [8]. По данным предшественников, большое значение в развитии района имели дизъюнктивные нарушения, среди которых выделяются глубинные разломы и разрывные нарушения осадочного чехла. Они образуют ряд систем северо-западного, северо-восточного, широтного и меридионального направления, сопровождающихся зонами повышенной трещиноватости. Важно подчеркнуть, что на исследуемой территории в период мезозойской тектономагматической активизации произошло омоложение древних систем глубинных разломов (Молодо-Попигайская, Анабаро-Экитская), что привело к образованию целой серии новых разрывных нарушений [9, 10]. Следует отметить, что большинство современных рек унаследовали палеодолины мезозойских водотоков, заложенных по тектоническим нарушениям.

Результаты исследования

Под гидротермально-метасоматическими образованиями нами, вслед за Е.В. Плющевым с соавторами [11], понимаются эпигенетические по отношению к исходным породам образования – вещественные производные гидротермальной деятельности как результат взаимодействия гидротермальных растворов с вмещающей средой, представленные метасоматическими телами или телами выполнения открытых полостей. При слабом проявлении они представляют собой в той или иной степени рассеянную вкрапленность гидротермальных минералов и их

агрегатов, метасоматически замещающих первичные минералы или выполняющих трещины, пустоты и т. д. в исходной породе [11, 12].

Исходным субстратом для гидротермально-метасоматических образований в Анабарском районе являются, главным образом, приразломные трещиноватые светло-желтые доломиты анабарской свиты среднего кембрия. Кроме этого в керне разведочных скважин впервые обнаружены гидротермалиты, развитые по слабоцементированным мелкогалечным кварцевым конгломератам перми. С интервала 39,7–40 м скважины А-3 линии 21 отобран образец 21-А3-5 длиной 7 см, представляющий собой обильно пиритизированную породу. На данном интервале наблюдаются мелкогалечные слабоцементированные конгломераты перми. Цемент карбонатно-глинистый. При сильном давлении керн превращается в рыхлую массу. Галька представлена мелким (от 1 до 4 см) хорошо окатанным серым кварцем.

По эпигенетическим минеральным ассоциациям выделяются кварц-калишпатовые и кремнисто-кварцевые (джаспероиды) гидротермально-метасоматические образования [7].

Кварц-калишпатовые гидротермально-метасоматические образования – желтоватого и ржавобурого оттенка. Текстура их преимущественно полосчатая, сетчато-прожилковая, обусловленная развитием различно ориентированных прожилков гидроокислов железа – продуктов разложения сульфидов (рис. 2). Наряду с ними обнаружены породы с рассеянной вкрапленностью эпигенетических минералов, визуально практически не отличимые от типичных доломитов.

Калиевый полевой шпат в апокарбонатных гидротермалитах представлен весьма мелкими (1–5 мкм) кристаллами в основном ромбовидной формы, имеет рассеянный характер распространения по всей матрице породы (рис. 3, а, б) или развит в маломощных (до 150 мкм) прожилках кварц-железисто-алюмосиликатного состава, пронизывающих доломит (рис. 3, в, г). В терригенных породах перми этот минерал характеризуется более крупными размерами (до 1 мм) и прямоугольными формами (рис. 3, д, е). Распределение компонентов в полевых шпатах показано в табл. 1.

Джаспероиды представляют собой апокарбонатные породы с содержанием SiO₂ от 81 до 96,5 % (табл. 2). Их характерной особенностью

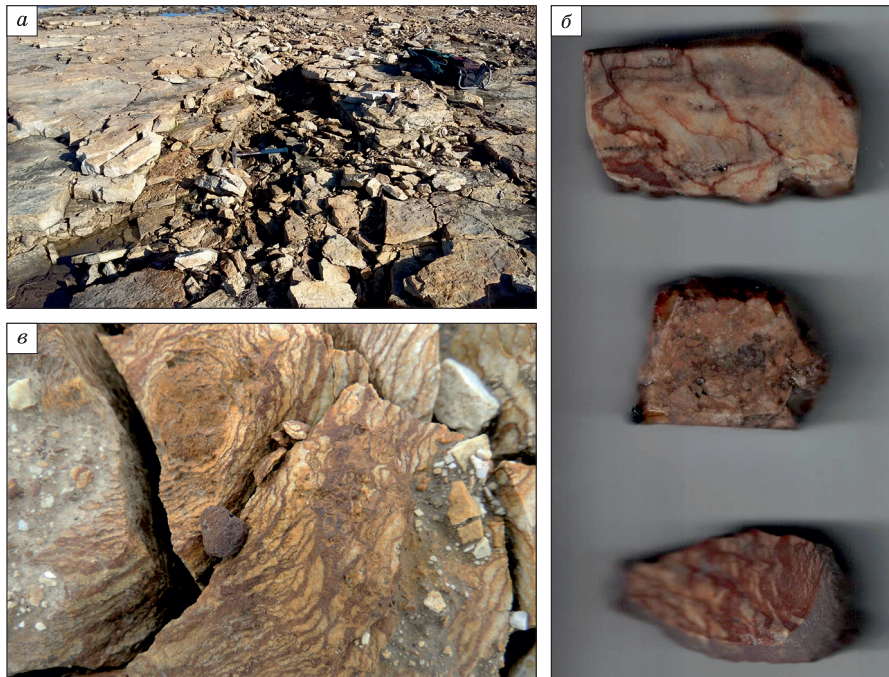


Рис. 2. Апокарбонатные кварц-калишпатовые метасоматиты: *a* – зона катаклаза в плотике отработанной россыпи, где развиты гидротермалиты; *б* – кварц-калишпатовые метасоматиты (общий вид аншлифов); *в* – полосчатый кварц-калишпатовый метасоматит.

Fig. 2. Apocarbonate quartz-potassium feldspar metasomatites: *a* – the cataclase zone in bedrock of the worked placer, where hydrothermalites are developed; *б* – quartz-potassium feldspar metasomatites (general view of polished sections); *в* – banded quartz-potassium feldspar metasomatite.

является оолитовая структура. В этих образованиях халцедоновидный кварц практически полностью замещает доломиты (рис. 4). Наблюдаются лишь весьма мелкие их реликты в центральных частях оолитов.

Рудная минерализация представлена сульфидами, золотом и серебром. Основными сульфидными минералами являются галенит и пирит, соотношения которых разнятся по различным участкам. На данном этапе исследований не выявлено каких-либо различий в составе рудных компонентов в вышеназванных типах гидротермально-метасоматических образований.

Галенит характеризуется весьма мелкими (первые мкм) изометричными зернами (рис. 5, *a*, *б*).

Пирит в измененных доломитах встречается в виде мелких вкрапленников (см. рис. 5, *a*), а в гидротермально-метасоматических образованиях, сформированных по пермским конгломератам, имеет прожилковый и сплошной характер распространения, проникая в промежутки между кварцевыми гальками, местами полностью замещая цемент конгломератов и иногда кварцевую гальку (рис. 5, *в*, *г*).

Сульфид серебра (акантит?) имеет довольно широкое распространение в апокарбонатных образованиях и представлен кристаллами и их агрегатами крупностью до 30 мкм (рис. 5, *д*).

Крупные зерна *сфалерита* (около 5 мм) обнаружены в кальцитовом прожилке калишпатизированного доломита на участке «Курунг Юрях» (рис. 6, *a*). По периферийным областям и трещинам он замещается цинкитом. В виде включений в сфалерите определены также весьма мелкий галенит и относительно крупный пирит (рис. 6, *б*, *в*). Кроме этого на других участках редко встречаются весьма мелкие зерна сфалерита.

Единичные мельчайшие (первые мкм) выделения *халькопирита*, *антимонита* и *арсенопирита* отмечаются в гидротермально измененных доломитах всех изученных участков.

Самородное золото выявлено в виде весьма мелких (до 15 мкм) изометричных зерен в микротрещинах карбонатного или кремнистого субстрата (рис. 7, *a*, *б*). Мельчайшее выделение золота размером около 4 мкм удалось обнаружить на границе срастания пирита и калиевого полевого шпата в оруденелом конгломерате перми

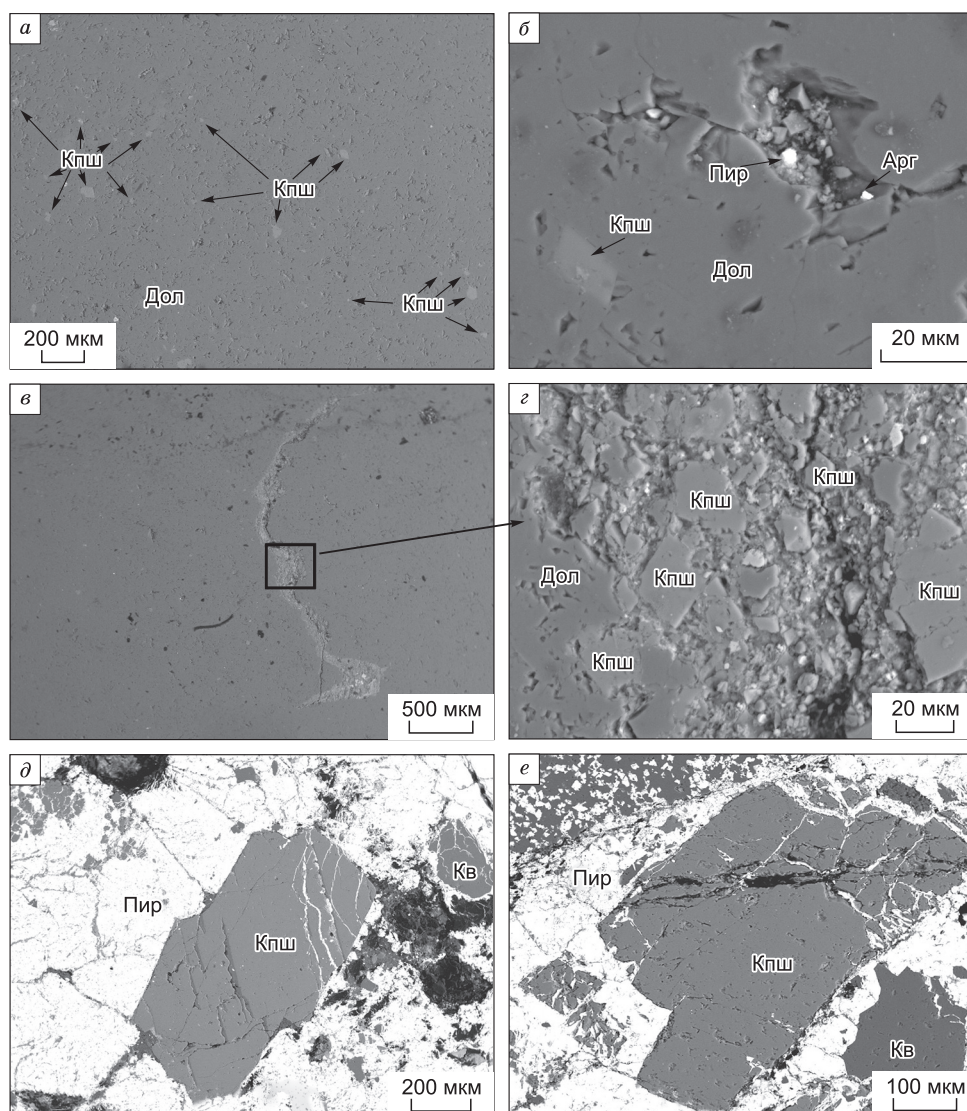


Рис. 3. Калиевые полевые шпаты в измененных доломитах кембрия и терригенных породах перми: *a, б* – рассеянная вкрапленная калишпатовая минерализация; *в, г* – калиевые полевые шпаты в прожилках переменного кварц-железо-алюмосиликатного состава; *д, е* – пиритовая и калишпатовая минерализация в пермских кварцевых конгломератах. Кпш – калиевый полевой шпат; Пир – пирит; Кв – кварц; Дол – доломит.

Fig. 3. Potassium feldspars in altered dolomites of the Cambrian and terrigenous rocks of the Permian: *a, б* – dispersed disseminated potassium feldspar mineralization; *в, г* – Potassium feldspars in veinlets of alternate quartz- quartz-iron-aluminosilicate composition; *д, е* – pyrite and potassium feldspar mineralization in the Permian quartz conglomerates. Кпш – potassium feldspar; Пир – pyrite; Кв – quartz; Дол – dolomite.

(рис. 7, *в, г*). В качестве элементов-примесей в золоте определены Hg и Cu. Максимальное содержание Hg в золоте достигает 2,4 %, что установлено на участке «Биллях» (рис. 8, *а*). На участке «Истоки Маят» в обильно пиритизированном доломите kernового образца обнаружена весьма мелкая золотина с примесью Cu с содержанием до 18 % (рис. 8, *б*).

Самородное серебро встречается в кварцевых прожилках и микротрещинах доломита, от-

личается агрегатным строением и более крупными размерами (до 60 мкм) по сравнению с золотом (рис. 9).

Обсуждение

Изучение рудного минерального состава гидротермально-метасоматических образований показало, что он представлен в основном вкрапленниками галенита и пирита с разными соотношениями по участкам. Так, на участках «Биллях» и

Таблица 1
**Распределение компонентов
 в калиевых полевых шпатах (по данным
 микрорентгеноспектрального анализа)**

Table 1
**Distribution of components in potassium feldspars
 (according to X-ray microanalysis data)**

| Номер пробы Sample number | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | K ₂ O | Сумма Sum |
|------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|--------------|
| М-1а | 17,30 | 66,17 | 16,80 | 100,27 |
| М-15 | 18,68 | 66,07 | 16,92 | 101,67 |
| М-19-2 | 18,38 | 63,39 | 17,12 | 98,89 |
| КЮ-3 | 18,79 | 63,85 | 15,86 | 98,49 |
| КЮ-5 | 18,61 | 63,15 | 16,48 | 98,24 |
| КЮ-19-3 | 18,53 | 64,23 | 16,33 | 99,10 |

«Курунг Юрях» главным рудным минералом является вкрапленный галенит, а на участке «Средний Маят» – пирит.

На участке «Истоки Маят», где изучены сульфидизированные породы с глубины более 25 м, основным рудным минералом служит пирит, который имеет прожилковый и сплошной характер развития. Важно подчеркнуть, что этот участок находится в непосредственной близости от интрузий долеритов триасового возраста. Появление галенита и других сульфидов на других участках связано, вероятно, со сменой геохимического спектра элементов при отдалении гидротермальных растворов от интрузий. Не исключается также наличие вертикальной геохимической зональности, поскольку опробование на участках «Биллях», «Курунг Юрях» и «Средний Маят»

Таблица 2

Химический состав джаспероидов

Table 2

Chemical composition of jasperoids

| Компонент Component | Номера проб Sample numbers | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|----------|----------|
| | КЮ-19-3/3 | КЮ-19-5/1 | КЮ-19-5/4 | КЮ-19-3/1 | ГБИ-2 | Б-19-2/1 | Б-19-5/1 |
| SiO ₂ | 96,3 | 96,52 | 92,16 | 95 | 92,53 | 81,83 | 86,81 |
| TiO ₂ | 0,15 | 0,21 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,15 |
| Al ₂ O ₃ | 0,47 | 0,47 | 0,54 | 0,9 | 0,3 | 0,42 | 0,41 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,12 | 0,03 | 0,39 | 0,31 | 0,43 | 2,62 | 0 |
| FeO | 2,06 | 1,25 | 1,25 | 1,27 | 1,43 | 0 | 1,85 |
| MnO | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,03 |
| MgO | 0 | 0,25 | 0,62 | 0,08 | 0 | 0,17 | 1,29 |
| CaO | 0,15 | 0,32 | 1,53 | 1,02 | 1,91 | 1,03 | 2,25 |
| Na ₂ O | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,08 | 0,02 | 0,06 |
| K ₂ O | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,03 |
| H ₂ O ⁻ | 0,56 | 0,34 | 0,22 | 0,26 | 0,44 | 1,14 | 0,38 |
| H ₂ O ⁺ | 0,64 | 0,22 | 1,3 | 0,45 | 0,11 | 0,37 | 4,08 |
| PPP | 0 | 0,23 | 0 | 0,19 | 0,6 | 12,25 | 0 |
| P ₂ O ₅ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CO ₂ | 0,03 | 0,64 | 1,98 | 0,82 | 1,83 | 0,46 | 3,36 |
| Li ₂ O | 0,0012 | 0,0007 | 0,0018 | 0,0011 | 0,0012 | 0,0002 | 0,0015 |
| Rb ₂ O | 0 | 0,0002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 |
| F | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Сумма Sum | 100,03 | 100,26 | 100,05 | 100,25 | 99,41 | 99,34 | 100,32 |

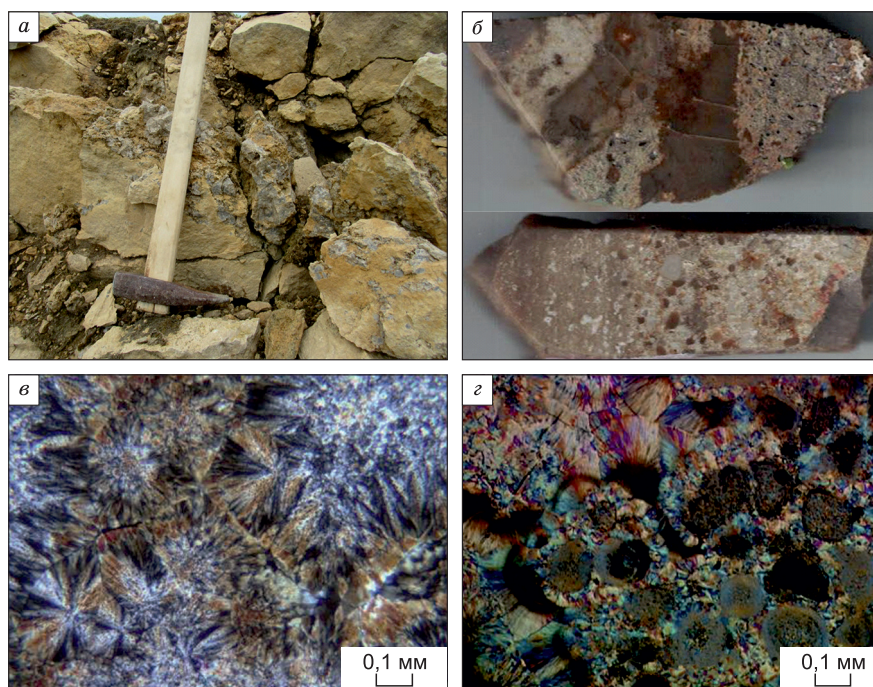


Рис. 4. Особенности джаспероидов: *а* – жилы джаспероидов, развитые в зоне катаклаза на участке «Биллях»; *б* – аншлифы, изготовленные из джаспероидов; *в* – халценовидный кварц (прозрачный шлиф); *г* – прожилки халцедоноидного кварца и кремнистые оолиты (прозрачный шлиф).

Fig. 4. Features of jasperoids: *a* – jasperoid veins developed in the cataclase zone on the «Billah» site; *b* – polished sections made of jasperoids; *v* – chalcenoid quartz (thin section); *z* – veinlets of chalcedony quartz and siliceous oolites (thin section).

производилось практически с дневной поверхности, а на участке «Истоки Маят» – с более глубоких горизонтов.

Значительную роль при формировании золотого оруденения имеют литологические факторы. В первую очередь это относится к степени проницаемости среды рудоотложения, которую определяет наличие пустот и пор в горных породах. В нашем случае благоприятными для рудоотложения явились приразломные проницаемые зоны тектонической трещиноватости карбонатных горных пород кембрия и слабо цементированных терригенных отложений перми.

Важное значение имеет тектонический фактор контроля оруденения. Установлена отчетливая приуроченность изученных гидротермально-метасоматических образований к Догой-Маятскому и Догой-Куойскому разломам Молодо-Попагайской системы разрывных нарушений (рис. 10). В пределах Догой-Куойского разлома локализованы дайки основных пород мезозойского возраста (см. рис. 1). Последние могли являться или собственно источниками оруденения, или же катализатором для мобилизации рассеянного пер-

вично гидротермально-осадочного рудного вещества. В пользу первого предположения свидетельствуют находки пирита и халькопирита в долеритах (рис. 11), а также обнаружение золота с примесью Cu (до 18 %) в апокарбонатных гидротермалитах керновых образцов (см. рис. 8, б). Согласно А.В. Округину с соавторами, наличие в магматических породах сульфидных минералов свидетельствует о насыщенности магматических расплавов сульфидами и их потенциальной рудности [13]. Кроме того, по данным Н.Е. Саввы, происхождение высокомедистого золота может быть связано с базитовым магматизмом [14].

Предположительно можно выделить два этапа формирования оруденения. В первый этап в приразломной зоне происходило формирование рудного вещества в виде первичных гидротермально-осадочных руд. Второй этап связан с процессами мезозойской тектономагматической активизации, когда по зонам разломов внедрились дайки основного состава, и при этом происходило переотложение рудного вещества, а также, возможно, дополнительная подпитка за счет насыщенных сульфидами магматических распла-

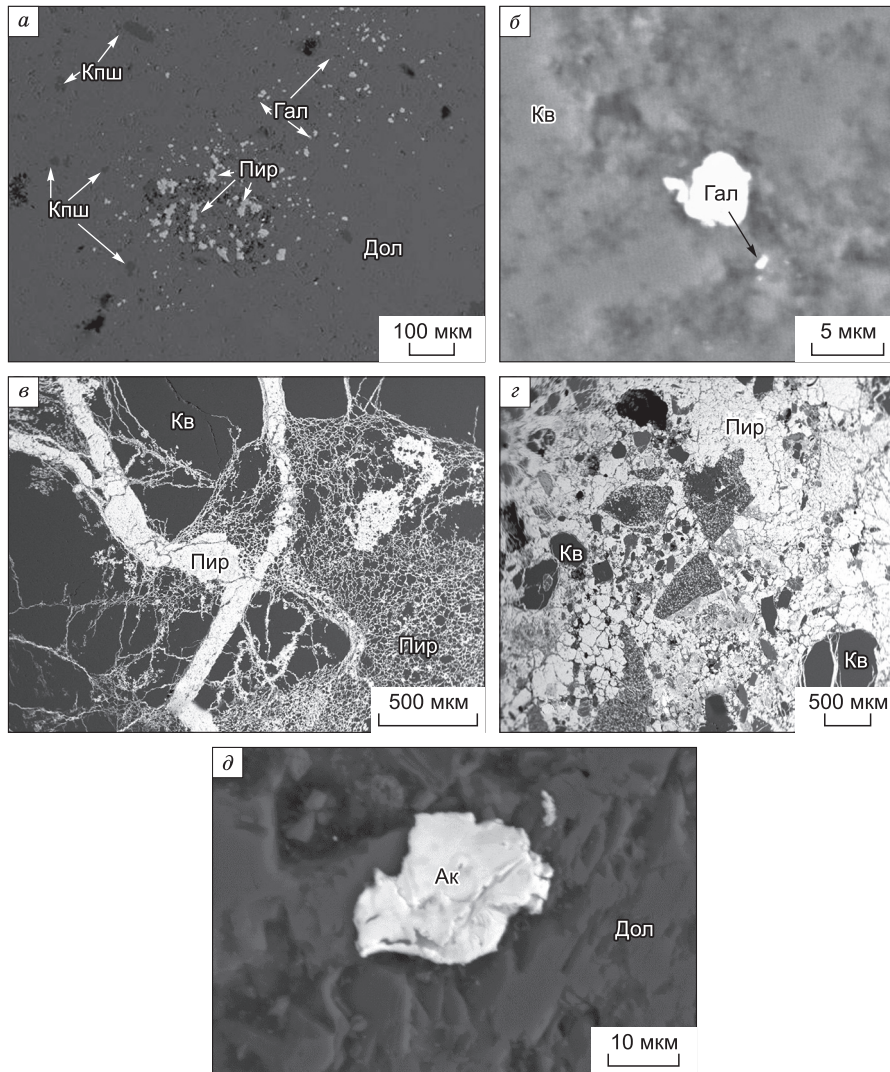


Рис. 5. Сульфидная минерализация гидротермально-метасоматических образований: *a* – галенит-пиритовая вкрапленная минерализация в калишпатизированном доломите; *б* – зерна галенита в кварцевом субстрате; *в* – прожилково-сетчатый характер пиритовой минерализации в кварцевом пермском конгломерате; *г* – сплошной характер пиритовой минерализации в кварцевом пермском конгломерате; *д* – акантит в апокарбонатном метасоматите. Кпш – калиевый полевой шпат; Пир – пирит; Кв – кварц; Дол – доломит; Ак – акантит.

Fig. 5. Sulfide mineralization of hydrothermal-metasomatic formations: *a* – galena pyrite disseminated mineralization in hydrothermally altered dolomite; *б* – galena grains in quartz substrate; *в* – veinlet-net-like nature of pyrite mineralization in quartz Permian conglomerate; *г* – continuous nature of pyrite mineralization in quartz Permian conglomerate; *д* – acanthite in apocarbonatite metasomatite. Кпш – potassium feldspar; Пир – pyrite; Кв – quartz; Дол – dolomite; Ак – acanthite

вов. В результате этих процессов золотосульфидные гидротермы распространялись по оперяющим разрывным нарушениям в зоны разгрузки, образуя золотоносные гидротермально-метасоматические образования.

Масштабы золотосульфидной минерализации пока не определены. Однако, по всей видимости, приразломные гидротермально-метасоматические образования имеют довольно широкое распространение на территории северо-востока Сибир-

ской платформы. Об этом свидетельствует обнаружение схожих по составу и строению кремненных карбонатных пород с сульфидной и благороднометалльной минерализацией в районе юго-восточного фланга Молодо-Попигайской системы разломов (см. рис. 10). Здесь в результате изучения петрографических особенностей галек аллювиальных отложений бассейна р. Молодо обнаружены кремненные породы с оолитовой структурой с включениями пирита, серебра и

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ

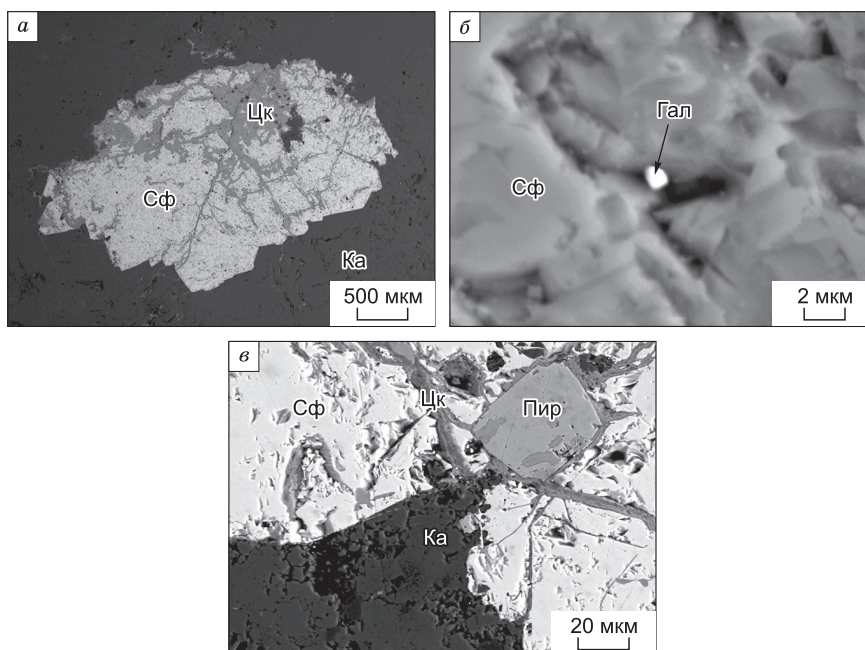


Рис. 6. Особенности сфалерита апокарбонатных гидротермально-метасоматических образований: *a* – крупный сфалерит, развитый в кальцитовом прожилке, замещенный по трещинам и периферии цинкитом; *б, в* – включения галенита (*б*) и пирита (*в*) в сфалерите. Ка – кальцит; Сф – сфалерит; Цк – цинкит; Гал – галенит; Пир – пирит.

Fig. 6. Features of sphalerite of apocarbonate hydrothermal-metasomatic formations: *a* – large sphalerite developed in calcite veinlet, replaced by red zinc ore along cracks and at the edges; *б, в* – inclusions (*б*) of galena and (*в*) pyrite in sphalerite. Ка – calcite; Сф – sphalerite; Цк – red zinc ore; Гал – galena; Пир – pyrite.

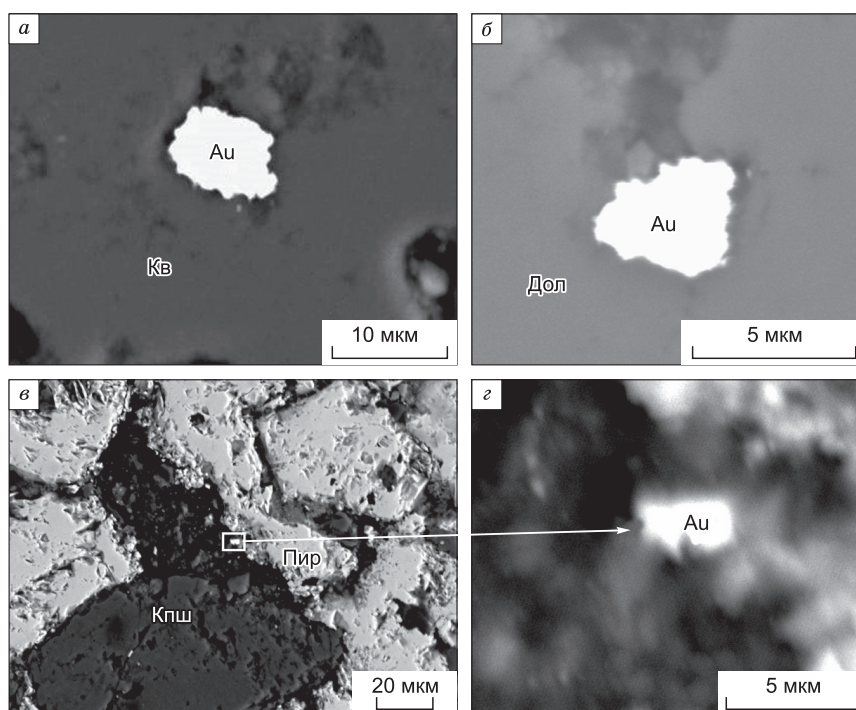


Рис. 7. Мелкие выделения золота в джаспероиде (*a*), апокарбонатном (*б*) кварц-калишпатовом метасоматите и оруденелом (*в, г*) конгломерате.

Fig. 7. Fine gold particles in (*a*) jasperoid, (*б*) apocarbonate quartz-potassium feldspar metasomatite and (*в, г*) mineralized conglomerate.

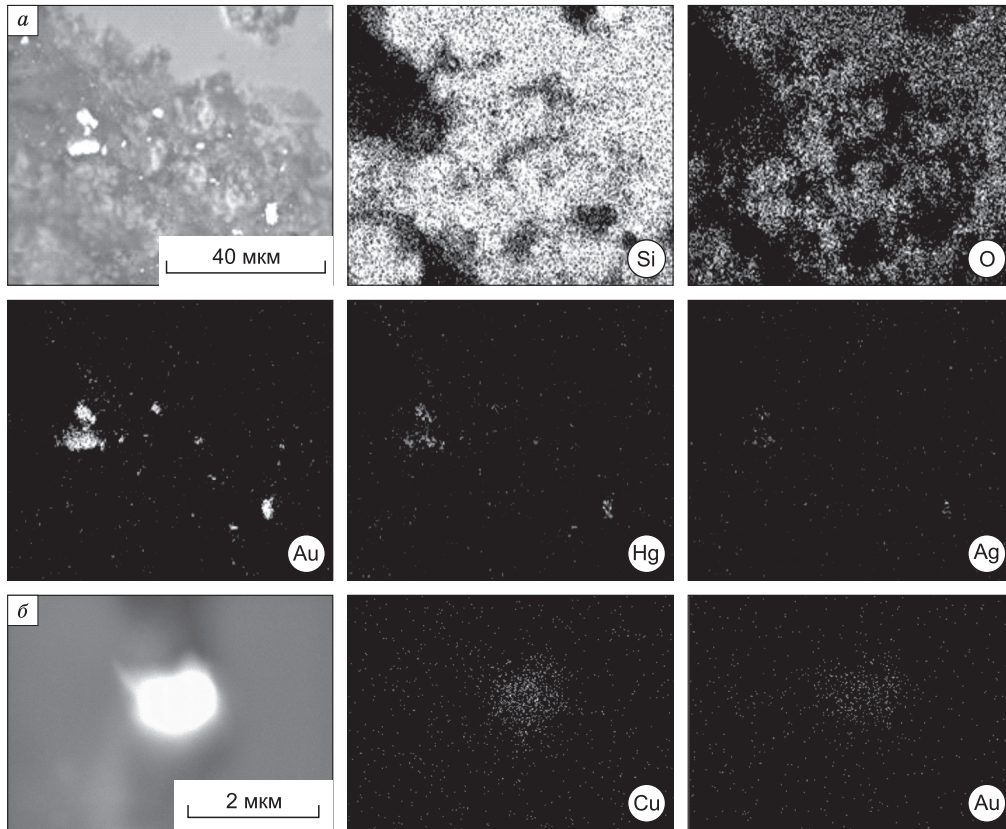


Рис. 8. Элементы-примеси в золоте (снято в рентгеновском излучении Si, O, Au, Hg, Ag и Cu): *a* – ртутьсодержащее золото (Hg – 2,4 %) в джаспероиде; *б* – медистое золото (Cu – 18 %) в апокарбонатном кварц-калишпатовом гидротермально-метасоматическом образовании.

Fig. 8. Elements-impurities in gold (taken in X-ray radiation Si, O, Au, Hg, Ag и Cu): *a* – mercury-containing gold (Hg – 2.4 %) in jasperoid; *б* – copper gold (Cu – 18 %) in the apocarbonate quartz- potassium feldspar hydrothermal-metasomatic formation.

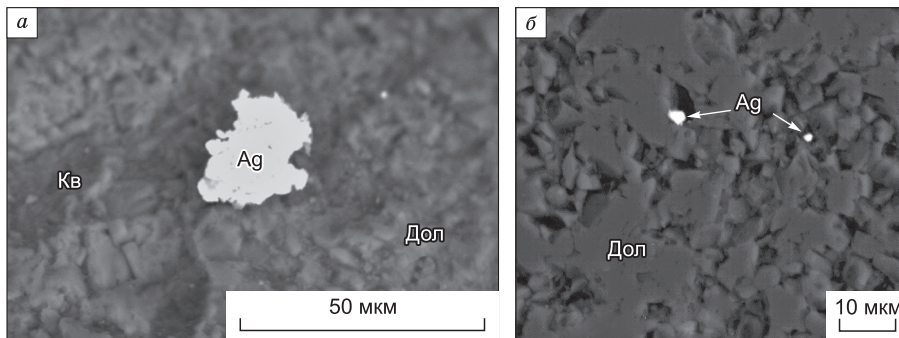


Рис. 9. Мелкие выделения серебра в кварцевом прожилке (*a*) и микротрещине (*б*) калишпатизированного доломита.

Fig. 9. Fine silver particles in (*a*) quartz veinlet and (*б*) microcrack of hydrothermally altered dolomite.

золота [15]. Кроме того, золотоносные гидротермально-метасоматические образования, сформированные по терригенным породам, выявлены в зоне динамического влияния Анабаро-Экинской системы разрывных нарушений в центральной части Лено-Анабарского прогиба (бассейн р. По-

ловинная) и Сололийского поднятия Оленекского свода (бассейн р. Экиг) (см. рис. 10).

Краткие выводы

Основным исходным субстратом для гидротермально-метасоматических образований Ана-

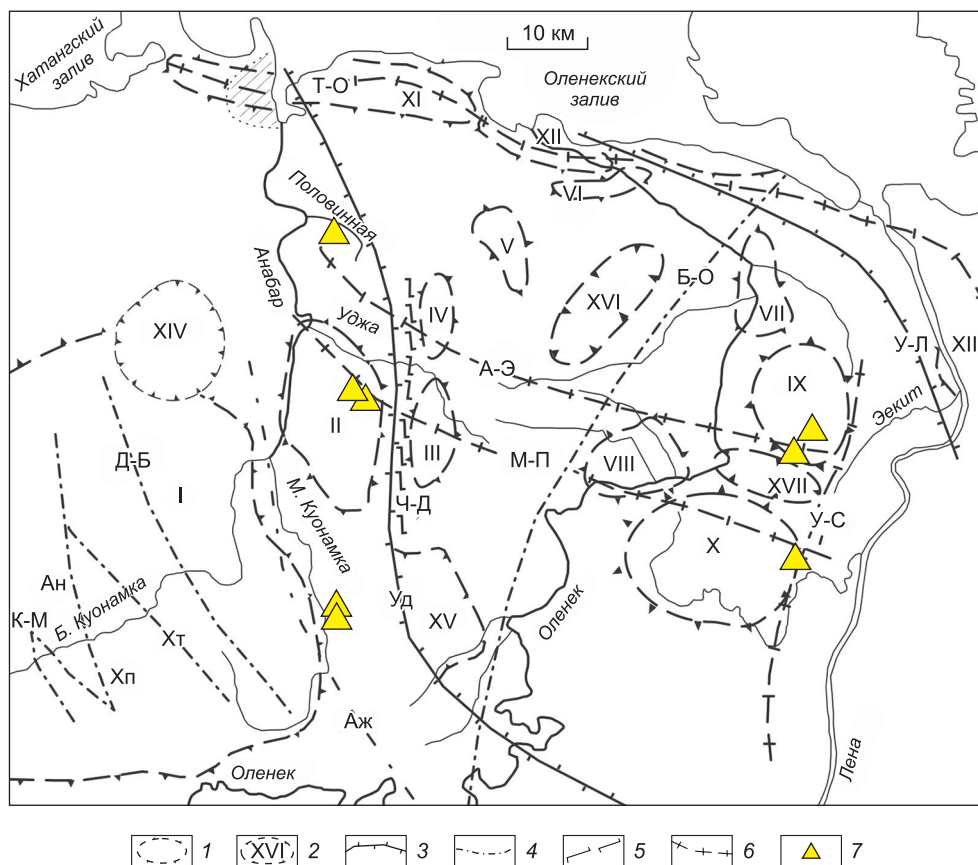


Рис. 10. Распространение гидротермально-метасоматических образований на северо-востоке Сибирской платформы (тектоническая схема по [2]):

1 – поднятия: I – Анабарское, II – Эбеляхское, III – Уджинское, IV – Билирское, V – Буолкалахское, VI – Чарчыкское, VII – Тюмятинское, VIII – Куойкское, IX – Сололийское, X – Далдынское, XI – Тигяно-Оленекское, XII – Усть-Оленекское, XIII – Хараулахское; 2 – прогибы и впадины: XIV – Попигайский грабен, XV – Суханская впадина, XVI – Ары-Онгорбутская впадина, XVII – Кютюнгинский прогиб; 3–6 – зоны разломов: 3 – предположительно позднеархейского заложения (Уд – Уджинская, У-Л – Усть-Ленская); 4 – предположительно среднепротерозойского заложения (К-М – Котуйкан-Монхолинская, Ан – Анабарская, Хп – Харапская, Д-Б – Дьегес-Биригиндинская, А-Ж – Анабаро-Жиганская, Б-О – Буро-Оленекская); 5 – предположительно нижнепалеозойского заложения (Ч-Д – Чымара-Джелинджинское); 6 – предположительно среднепалеозойского заложения (М-П – Молодо-Попигайская, А-Э – Анабаро-Экитская, Т-О – Тигяно-Оленекская, У-С – Усунку-Сюнгюдинская); 7 – золотоносные гидротермально-метасоматические образования.

Fig. 10. Distribution of hydrothermal-metasomatic formations in the northeast of the Siberian Platform (tectonic scheme by [2]): 1 – uplifts: I – Anabar, II – Ebelyakh, III – Udzhin, IV – Bilir, V – Buolkalakh, VI – Charchyk, VII – Tyumyatyn, VIII – Kuoyk, IX – Sololiy, X – Daldyn, XI – Tygyano-Olenek, XII – Ust-Olenek, XIII – Kharaulakh; 2 – troughs and basins: XIV – Popigai graben, XV – Sukhansk basin, XVI – Ary-Ongorbut basin, XVII – Tyutyungdin trough; 3–6 – fault zones: 3 – presumably of the Late Archean origin (Ud – Udzhin, U-L – Ust-Lena); 4 – presumably of the Middle Proterozoic origin (K-M – Kotuykan-Monkholin, An – Anabar, Hp – Kharap, D-B – Dieges-Birigindin, A-Zh – Anabar-Zhigansk, B-O – Buro-Olenek); 5 – presumably of the Lower Paleozoic origin (Ch-D – Chymara-Dzhelindzhin); 6 – presumably of the Middle Paleozoic origin (M-P – Molodo-Popigai, A-E – Anabar-Eekit, T-O – Tygyano-Olenek, U-S – Usinku-Syungyudin); 7 – gold-bearing hydrothermal-metasomatic formations.

барского района являются доломиты анабарской свиты среднего кембрия.

Впервые в керне разведочных скважин изучены гидротермалиты, развитые по слабоцементированным мелкогалечным кварцевым конгломератам перми.

Выделяется два типа приразломных гидротермально-метасоматических образований – кварц-калишпатовый и джаспероидный.

Главными рудными минералами являются галенит и пирит с различными соотношениями по участкам.

Золото выявлено в виде мелких выделений в карбонатном и кремнистом субстрате гидротермально-метасоматических образований.

Благоприятным фактором для рудообразования явилось наличие приразломных прони-

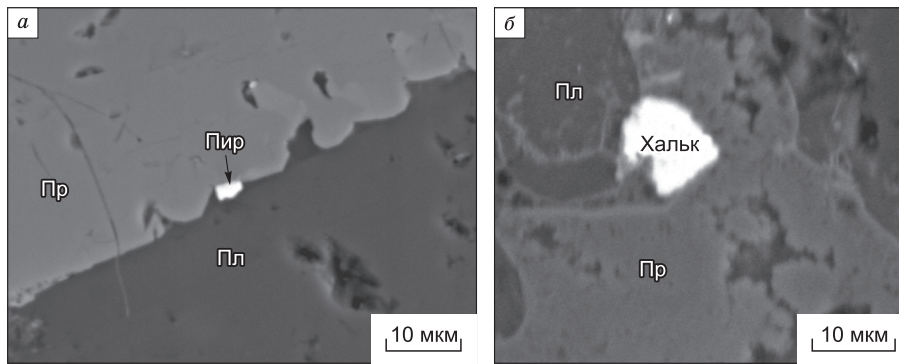


Рис. 11. Сульфидная минерализация долеритов истоков р. Маят: *а* – микрокристалл пирита на границе сростания пироксена и плагиоклаза; *б* – зерно халькопирита в зоне сростания плагиоклаза и пироксена. Пр – пироксен; Пл – плагиоклаз; Пир – пирит; Хальк – халькопирит.

Fig. 11. Sulfide mineralization of dolerite of the sources of the Mayat river: *a* – pyrite microcrystals at the border of pyroxene and plagioclase growth; *b* – chalcopyrite grain in the zone of plagioclase and pyroxene growth. Пр – pyroxene; Пл – plagioclase; Пир – pyrite; Хальк – chalcopyrite.

цаемых зон тектонической трещиноватости карбонатных и терригенных горных пород.

Структурный контроль изученных рудных проявлений определяется их локализацией в Маят-Догойском и Догой-Куойском разломах Молодо-Попогайской системы разрывных нарушений.

Предполагается двухэтапное образование золоторудных проявлений: в первый этап происходило формирование рудного вещества в виде первичных гидротермально-осадочных руд. Второй этап связан с процессами мезозойской тектономагматической активизации, когда при внедрении базитовых даек произошла мобилизация рудного вещества и в результате кремнекалиевого метасоматоза кембрийских карбонатных и пермских терригенных пород в приразломной зоне образовались золотосульфидные проявления.

Литература

1. Патык-Кара Н.Г. Минерогения россыпей: типы россыпных провинций. М.: ИГЕМ РАН. 2008. 528 с.
2. Шпунт Б.Р. Типоморфные особенности и генезис россыпного золота на севере Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1974. № 9. С. 77–88.
3. Толстов А.В. Перспективы золотоносности Анабарской антеклизы // Вестник Госкомгеологии. 2002. № 1(2). С. 44–49.
4. Додин Д.А. Металлогения Таймыро-Норильского региона. СПб., 2002. 822 с.
5. Смелов А.П., Амузинский В.А., Зедгенизов А.Н., Березкин В.И., Коваль С.Г. Перспективы коренной золотоносности метаморфических и магматических комплексов Анабарского щита // Золото Сибири и Дальнего Востока. Улан-Удэ, 2004. С. 279–281.

6. Никифорова З.С., Герасимов Б.Б., Глушкова Е.Г. Каженикина А.Г. Золотоносность востока Сибирской платформы: россыпи – коренные источники // Геология рудных месторождений. 2013. Т. 55, № 4. С. 305–319.

7. Герасимов Б.Б., Желонкин Р.Ю., Земнухов А.Л. Типоморфизм мелкого россыпного золота и потенциальные коренные источники Анабарского россыпного района (северо-восток Сибирской платформы) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019. № 4. С. 37–47.

8. Граханов С.А., Шаталов В.И., Штыров В.А., Кычкин В.Р., Сулейманов А.М. Россыпи алмазов России. Новосибирск: Гео, 2007. 457 с.

9. Милашев В.А. Структуры кимберлитовых полей. Л., 1979. 183 с.

10. Рубенчик И.Б., Борщева Н.А., Зарецкий Л.М. Геологическая карта масштаба 1: 200 000. Серия Анабарская. Лист R-50-VII, VIII. Объяснительная записка. Л.: ВСЕГЕИ, 1980. 72 с.

11. Плющев Е.В., Шатов В.В., Кашин С.В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований // Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. 2012. Т. 354 560 с.

12. Петров О.В., Плющев Е.В., Шатов В.В., Молчанов А.В., Соловьев Н.С., Кашин С.В., Соболев А.Е., Терехов А.В. Гидротермально-метасоматические формации России // Региональная геология и металлогения. 2016. № 66. С. 5–19.

13. Округин А.В., Земнухов А.Л., Журавлев А.И. Медно-никелевое сульфидное рудопроявление в долеритах восточного склона Анабарского щита // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021. Т. 26, № 4. С. 16–28. Doi 10.31242/2618-9712-2021-26-4-16-28.

14. Савва Н.Е., Шилыева Н.А., Алевская Н.Л. Топоминералогия конституционных особенностей самородного золота Нижне-Амурского россыпного района. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 173 с.

15. Герасимов Б.Б., Кравченко А.А. Рудные проявления Анабарского россыпного района – потенциальные коренные источники золота // Вестник СВФУ.

Науки о Земле. 2020. № 4. С. 17–28. DOI 10.25587/SVFU.2020.20.4.008.

Поступила в редакцию 20.04.2022

Поступила после рецензирования 12.05.2022

Принята к публикации 17.05.2022

Об авторе

ГЕРАСИМОВ Борис Борисович, старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, Институт геологии алмаза и благородных металлов, Сибирское отделение Российской академии наук, 677980, Якутск, пр. Ленина, 39, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-5112-536X>, Researcher ID: L-6369-2018, Scopus ID: 14063438000, e-mail: BGerashimov@yandex.ru

Для цитирования

Герасимов Б.Б. Вещественный состав и геолого-структурная позиция золотоносных гидротермально-метасоматических образований бассейна р. Анабар (северо-восток Сибирской платформы) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2022, Т. 27, № 2. С. 207–220. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-2-207-220>

DOI 10.31242/2618-9712-2022-27-2-207-220

**Material composition and geological-structural position
of gold-bearing hydrothermal-metasomatic formations
of the Anabar river basin (northeast of the Siberian Platform)**

B.B. Gerasimov

*Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS, Yakutsk, Russia
BGerashimov@yandex.ru*

Abstract. We study mineralogical features of the gold-bearing hydrothermal-metasomatic formations of the Anabar region. Their main substrate is represented by fractured near-fault dolomites of the Anabar formation of the Cambrian age. We have found, for the first time, hydrothermalites developed on the slightly cemented fine-pebble quartz conglomerates of the Early Permian age in the core of exploration wells. Furthermore, we have identified two types of metasomatic rocks: quartz-potassium feldspar and jasperoid. We have revealed that the main ore minerals were galena and pyrite with different ratios by sites. The disseminated galena was the main ore mineral at the «Billyakh» and «Kurung Yuryakh» sites, and pyrite – at the «Sredny Mayat» site. At the «Sources of the Mayat» site, where sulfidized rocks were studied from a depth of more than 25 m, the main ore mineral was pyrite, which had a veinlet and continuous nature of development. Gold was identified in the form of small particles in the carbonate and siliceous substrate of hydrothermal-metasomatic formations at all sites. The lithological factor was one of the leading factors for the ore formation due to the presence of near-fault highly permeable fractured carbonate and slightly cemented terrigenous rocks. The structural control of the studied ore occurrences was determined by their localization in the Mayat-Logoy and Dogoy-Kuoy faults of the Molodo-Popigay system of discontinuous faults. We assume a two-stage formation of the gold ore occurrences. During the first stage, the ore components in the form of primary hydrothermal-sedimentary ores in the near-fault zones were formed. The second stage was related to the processes of the Mesozoic tectonic-magmatic activation when the intrusion of basite dikes initiated the mobilization of ore components. The gold-sulfide occurrences were formed in

the near-fault zone as a result of silicic-potassic metasomatism of the Cambrian carbonate and Permian terrigenous rocks.

Keywords: Anabar ore-placer area, hydrothermal-metasomatic formations, potassium feldspar formation, jasperoids, ore mineralization, fault zone, ore gold, sulfides

Acknowledgements. *The research was carried out according to the State Assignment of the Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS and partly within the framework of contract-based work with «Almazy Anabara» JSC.*

References

1. *Patyk-Kara N.G.* Mineralogy of placers: types of placer provinces. Moscow: IGEM RAS. 2008. P. 528 (In Russ.)
2. *Shpunt B.R.* Typomorphic features and genesis of placer gold in the north of the Siberian platform // *Geology and Geophysics*. 1974. № 9. P. 77–88 (In Russ.)
3. *Tolstov A.V.* Prospects for the gold content of the Anabar antecline // *Bulletin of the State Committee for Geology*. 2002. No. 1 (2). P. 44–49 (In Russ.)
4. *Dodin D.A.* Metallogeny of the Taimyr-Norilsk region. SPb., 2002. 822 p. (In Russ.)
5. *Smelov A.P., Amuzinsky V.A., Zedgenizov A.N., Bezrezkin V.I., Koval S.G.* Prospects for the primary gold content of the metamorphic and magmatic complexes of the Anabar shield // *Gold of Siberia and Far East*. Ulan-Ude, 2004. P. 279–281 (In Russ.)
6. *Nikiforova Z.S., Gerasimov B.B., Glushkova E.G., Kazhenkina A.G.* Gold-bearing potential of the east of the Siberian platform: placers – primary sources // *Geology of ore deposits*. 2013. Vol. 55, No. 4. P. 305–319 (In Russ.)
7. *Gerasimov B.B., Zhelonkin R.Y., Zemnukhov A.L.* Typomorphism of fine placer gold and potential primary sources of the Anabar placer area (northeast of the Siberian platform) // *Natural resources of the Arctic and Subarctic*. 2019. No. 4. P. 37–47 (In Russ.)
8. *Grakhanov S.A., Shatalov V.I., Shtyrov V.A., Kychkin V.R., Suleymanov A.M.* Diamonds placers of Russia. N.: «Geo», 2007. P. 457 (In Russ.)
9. *Milashev V.A.* Structures of kimberlite fields. Leningrad. 1979. P. 183 (In Russ.)
10. *Rubenchik I.B., Borshcheva N.A., Zaretsky L.M.* Geologic map, scale 1: 200 000. Anabar Series. Sheet R-50-Vii, VIII. Explanatory note. L.: VSEGEI. 1980. P. 72 (In Russ.)
11. *Plushev E.V., Shatov V.V., Kashin S.V.* Metallogeny of hydrothermal-metasomatic formations // *The works of VSEGEI. A new series*. 2012. Vol. 354. P. 560 (In Russ.)
12. *Petrov O.V., Plushev E.V., Shatov V.V., Molchanov A.V., Soloviev N.S., Kashin S.V., Sobolev A.E., Terekhov A.V.* Hydrothermal-metasomatic formations of Russia // *Regional geology and metallogeny*. 2016. No. 66. P. 5–19.
13. *Okrugin A.V., Zemnukhov A.L., Zhuravlev A.I.* Copper-nickel sulfide ore occurrence in dolerites of the eastern slope of the Anabar shield // *Natural resources of the Arctic and Subarctic*. 2021. Vol. 26, No. 4. P. 16–28. DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-4-16-28 (In Russ.)
14. *Savva N.E., Shilyaeva N.A., Aleevskaya N.L.* Topomineralogy of constitutional features of native gold of the Lower Amur placer area. Magadan: SVKNII FEB RAS, 2004. P. 173 (In Russ.)
15. *Gerasimov B.B., Kravchenko A.A.* Ore manifestations of the Anabar alluvial area - potential primary sources of gold // *Bulletin of the NEFU. Earth Sciences*. 2020. No. 4. P. 17–28. DOI 10.25587/SVFU.2020.20.4.008 (In Russ.)

Submitted 20.04.2022

Revised 12.05.2022

Accepted 17.05.2022

About the author

GERASIMOV, Boris Borisovich, Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), senior researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 39 Lenina pr., Yakutsk 677980, Russia,
<http://orcid.org/0000-0002-5112-536X>, Researcher ID: L-6369-2018, Scopus ID: 14063438000,
 e-mail: BGERASIMOV@yandex.ru

For citation

Gerasimov B.B. Material composition and geological-structural position of gold-bearing hydrothermal-metasomatic formations of the Anabar river basin (northeast of the Siberian platform) // *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2022, Vol. 27, No. 2. P. 207–220. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-2-207-220>