

Типоморфные признаки россыпного золота бассейна р. Сололи и его потенциальные рудные источники*

Б. Б. Герасимов

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН,
Российская Федерация, 677007, Якутск, пр. Ленина, 39

Для цитирования: Герасимов, Б. Б. (2023). Типоморфные признаки россыпного золота бассейна р. Сололи и его потенциальные рудные источники. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 68 (2), 218–234. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2023.202>

Изучены минералогические особенности россыпного золота и золотосульфидных рудных проявлений бассейна р. Сололи Сололийского поднятия Оленекского свода. По типоморфным индикаторным признакам выделяется две разновидности золота. Первая разновидность — золото пластинчатой и комковидной формы, часто с отпечатками вдавливания минералов вмещающих толщ. Внутреннее строение представлено структурами грануляции, рекристаллизации, высокопробными межзерновыми прожилками и высокопробными оболочками, характерными для золота древних промежуточных коллекторов. Данное золото имеет высокую пробность. Источниками золота этого типа служили золотоносные промежуточные коллектора, видимо, пермского и рифейского возраста, широко развитые в изучаемом районе. Ко второй разновидности относится слабоокатанное золото крючковатой, пластинчатой, кристаллической и угловато-комковидной форм с ямчато-бугорчатой или гладкой поверхностью и крупные сростки золота с кварцем. Пробность этого золота варьирует в весьма широких пределах: от низкой до весьма высокой. Рудными источниками его, вероятно, служили кварцевые жилы, развитые по метаморфизованным песчаникам и сланцам эекитской серии и метариолитам докембрийского возраста. Эти проявления по установленным минеральным парагенезисам могут быть отнесены к золото-кварц-сульфидному формационному типу. В качестве дополнительного источника питания рассматривается золотосульфидное рудопроявление, приуроченное к терригенным отложениям ранне- и среднепермского возраста, связанное с процессами тектономагматической активизации мезозойского возраста, широко проявленными на северо-востоке Сибирской платформы. Установление в качестве минеральных парагенезисов таких индикаторов низкотемпературных гидротермальных процессов, как ртутьсодержащее золото, кинноварь и барит, свидетельствует о малоглубинных и низкотемпературных условиях образования данного золотосульфидного рудного проявления. Выявление самородного золота в кварцевых жилах в свободном виде и в качестве микровключений в пирите, а также обнаружение крупных слабоокатанных сростков золота с кварцем в россыпи р. Сололи позволяет положительно оценить перспективы дальнейшего изучения рудных проявлений Сололийского поднятия Оленекского свода.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Оленекский свод, конгломераты, россыпное золото, типоморфные особенности, пробность, внутреннее строение, вкрапленная золотосульфидная минерализация, эпигенетическое преобразование, тектономагматическая активизация.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-20033, <https://rscf.ru/project/22-27-20033>.

1. Введение

Бассейн р. Сололи располагается в Оленекском рудно-россыпном районе. Последний охватывает территорию Лено-Оленекского междуречья с бассейнами рек Эекит, Хорбусуонка, Кютингде и является частью Лено-Анабарской россыпной субпровинции (Патык-Кара, 2008).

Проблемой золотоносности Оленекского свода занимались многие исследователи (Виноградов и др., 1967; Тимофеев и др., 1970; Шпунт, 1970; 1974; Яблокова и Израилев, 1988; Константиновский, 2000). Предшественниками установлена золотоносность рифейских, вендских и пермских промежуточных коллекторов, неоген-четвертичных реликтовых водораздельных галечников, а также современных аллювиальных отложений. В. А. Виноградовым с соавторами выявлена повышенная золотоносность конгломератов пермского возраста бассейна р. Ортоку Эекит (Виноградов и др., 1967). Исследователями С. В. Яблоковой и Л. М. Израилевым изучена минералогия золота из разновозрастных отложений осадочного чехла Оленекского свода. Ими впервые детально описаны золотины тороидальной и каплевидной (шаровидно-пустотелой) формы из пермских и юрских отложений Оленекского свода, генезис которых они объяснили хемогенными процессами (Яблокова и Израилев, 1988). По данным А. А. Константиновского, повышенное содержание золота (до 1.5 г/т) фиксируется в базальной пачке конгломератов сыгынахтахской свиты раннерифейского возраста (Константиновский, 2000).

В представлениях о возрасте, генетических особенностях и местоположении коренных источников самородного золота у предшественников не сложилось единого мнения. Большинство исследователей связывали россыпную золотоносность исследуемой территории с докембрийскими кварцевыми и кварц-карбонатными жилами (Виноградов и др., 1967; Шпунт, 1974; Яблокова и Израилев, 1988). Наряду с этим были выдвинуты предположения о вероятном мезозойском возрасте рудных источников (Тимофеев и др., 1970; Шпунт, 1974). На современном этапе исследований по результатам изучения типоморфных признаков россыпного золота древних промежуточных источников и современного аллювия было выделено два типа золота, связанных с разновозрастными коренными источниками (Герасимов и Никифорова, 2004; 2005). На основании изучения минералого-геохимических особенностей самородного золота З. С. Никифоровой с соавторами было обосновано два основных этапа рудообразования для всего востока Сибирской платформы, в том числе и исследуемой территории — докембрийский и мезозойский (Никифорова и др., 2013).

В настоящей статье отражено изучение типоморфных особенностей россыпного золота современных аллювиальных отложений и конгломератов ортокинской свиты раннепермского возраста р. Сололи, целью автора было выявление индикаторных признаков россыпного золота и определение его потенциальных источников. Кроме этого, исследованы минералогические особенности золоторудных проявлений.

2. Методика исследований

Маршрутные исследования являлись основным видом полевых работ. Маршруты проходили, главным образом, по руслам водотоков, где детально изучался аллювиальный грубообломочный материал, проводились геоморфологические наблюдения, сопровождающиеся шлиховым опробованием. В наиболее благопри-

ятных для накопления золота участках рек — головных частях небольших кос, а также террасовых комплексах отбиралась мелко- (до 1 м³) и крупнообъемные (до 3 м³) пробы «шейкерным» способом. Русловые пробы промывались, в основном со «щеток» — естественных ловушек тяжелых минералов, сложенных метаморфизованными песчаниками и сланцами эakitской серии. Несколько неглубоких шурфов было пройдено в пойменных частях рек.

Производился гранулометрический рассев проб с помощью набора минералогических сит, размер ячеек которых соответствует классам гранулометрической шкалы, а именно: +2 мм, 1–2 мм, 0.5–1мм, 0.25 –0,5 мм и –0.25 мм. После этого материал проб фракционировался по плотности в тяжелой жидкости (бромформ) под вытяжным шкафом; полученная тяжелая фракция доводилась в той же жидкости до получения ультратяжелого концентрата. Из полученного ультраконцентрата были выделены мономинеральные фракции золота под бинокулярным микроскопом. Часть проб подверглась магнитной и электромагнитной сепарации. Всего обработаны 83 шлиховых и 15 мелкообъемных проб.

Поисковые маршруты сопровождалась сбором образцов, сколков и штуфов из коренных выходов горных пород для изготовления шлифов, аншлифов и другими видами лабораторных исследований.

Для изучения типоморфных особенностей золота выполнялись следующие минералогические исследования: золото было разделено на классы крупности; выделены морфологические разновидности золота с учетом цветовых оттенков, степени окатанности, наличия включений; выполнено описание этих морфологических разновидностей золота; определена пробность наиболее типичных золотин. Химический состав минералов определялся при помощи энергетического спектрометра «OXFORD» INCA x-sight фирмы JEOL, оснащенного аналитическими приставками Oxford Instruments (волновой и энергодисперсионный спектрометры). Съемки проводились при следующих условиях: ускоряющее напряжение 20 кВ; ток зонда 1.09 нА; время измерения 7 с; аналитические линии: Au — Ма, Ag — α, другие элементы — Ка. При этом использовались следующие стандарты: золото 850‰ — Au, Ag; FeS₂ (пирит) — Fe, S; CuFeS₂ (халькопирит) — Cu; FeAsS (арсенопирит) — As; ZnS (сфалерит) — Zn. Пределы обнаружения элементов (мас. %): Au — 1.81, Ag — 1.11, Fe — 1.02, S — 0.71, Cu — 1.22, As — 1.07, Zn — 1.73. Аналитические работы проведены в отделе физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН (аналитик Н. В. Христофорова). Внутреннее строение самородного золота изучалось путем его травления в монтированных шлифах по отработанной методике (Петровская и др., 1980), с использованием реактива: HCl + HNO₃ + FeCl₃ × 6H₂O + CrO₃ + тиомочевина + вода.

Сокращения названий минералов приведены согласно (Donna, 2010).

3. Геологическое строение района

На исследованной территории на уровне современного эрозионного среза развиты отложения раннепротерозойского, рифейского, вендского, пермского, триасового, юрского (рис. 1) и четвертичного возрастов. Эakitская серия нижнего протерозоя представлена филлитовидными сланцами, метаморфизованными песчаниками и алевrolитами. На этих отложениях с резким угловым несогласием залегают толщи нижнерифейского комплекса, представленные породами сыгынах-

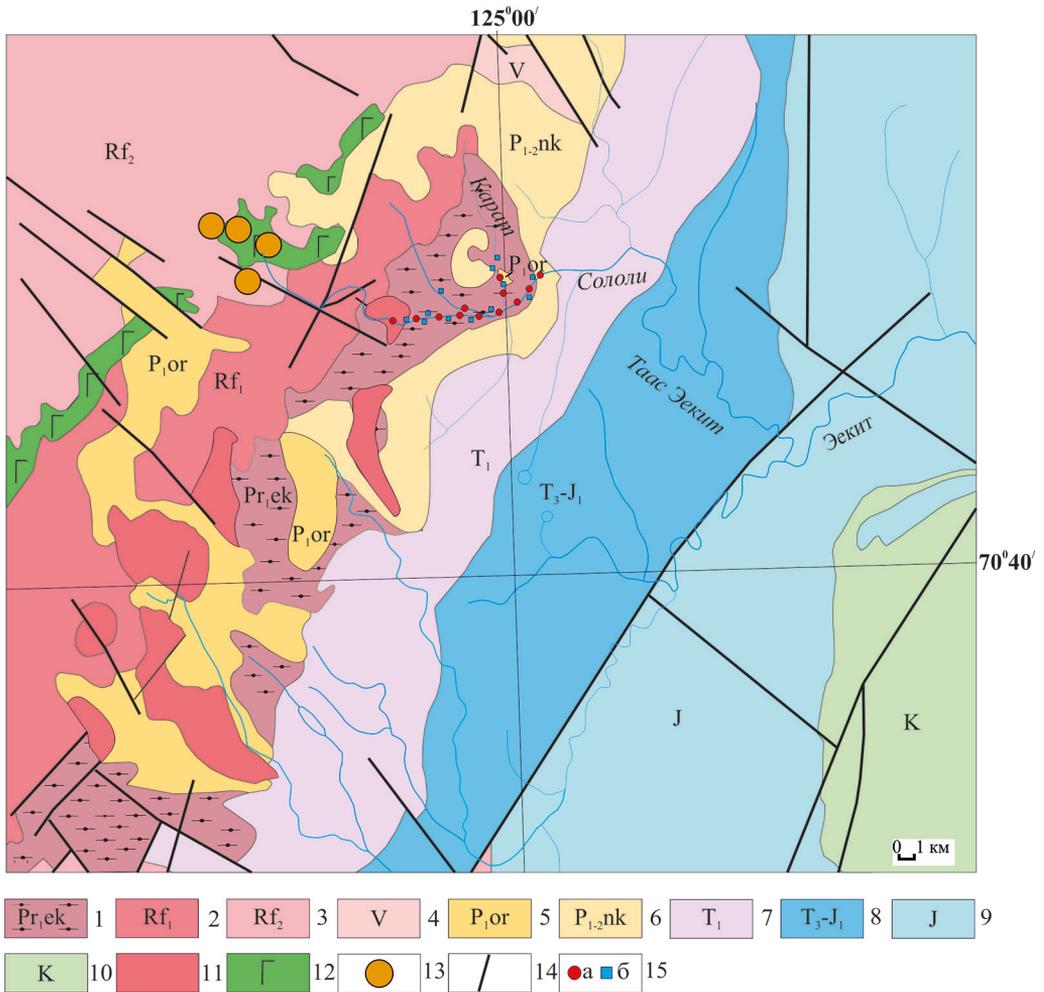


Рис. 1. Схема геологического строения дочетвертичных образований Солончигского поднятия.
Составлено по: (Сметанникова и др., 2013) и фондовым материалам:

1 — образования экитской серии раннего протерозоя; 2 — раннерифейские песчаники, алевролиты, гравелиты и конгломераты; 3 — среднерифейские песчаники, доломиты и известняки; 4 — вендские песчаники, конгломераты, доломиты и известняки; 5 — конгломераты, гравелиты, песчаники, углистые сланцы, алевролиты ортокинской свиты ранней перми; 6 — переслаивание пачек аргиллитов, алевролитов и песчаников ныкабытской свиты поздней перми; 7 — триасовые аргиллиты, алевролиты и туфопесчаники; 8 — поздне триасовые-раннеюрские конгломераты, песчаники, алевролиты; 9 — песчаники, конгломераты, прослои аргиллитов и алевролитов, линзы известняков юрского возраста; 10 — меловые песчаники, алевролиты, прослои и линзы конгломератов; 11 — гранитоиды раннепротерозойского возраста; 12 — раннерифейский уэтяхский комплекс долеритов; 13 — вендский трахибазальт-трахитовый Монгусский комплекс; 14 — разломы; 15 — точки опробования: а — шлиховые и мелкообъемные пробы, б — штупные пробы

тахской, кютюнгдинской свит, сложенных кварцевыми конгломератами, песчаниками, алевролитами, известняками и доломитами. Среднерифейские отложения представлены песчаниками, известняками, доломитами и алевролитами арымаской и дебенгдинской свит. Выше на неровной поверхности размыва среднерифейских пород прослеживаются отложения мастахской и хатыспытской свит вендского возраста, состоящие из песчаников, гравелитов с подчиненным количеством конгломератов и доломитов. На размывтой поверхности отложений венда, рифея, нижнего протерозоя и магматических образований ранне- и верхнепротерозойских комплексов залегают отложения ранне- и позднепермского возраста, представленные кварцевыми конгломератами, песчаниками и алевролитами. Породы триасового возраста имеют ограниченное распространение и сложены аргиллитами, алевролитами и туфопесчаниками. Отложения юрского возраста представлены преимущественно аргиллитами с незначительным количеством прослоев алевролитов и песчаников. Алевролиты, песчаники и аргиллиты мелового возраста закартированы в восточной части района. Песчано-галечные и песчано-суглинистые четвертичные отложения перекрывают водораздельные пространства, склоны и днища долин водотоков. В районе установлены ранне- и позднепротерозойские и вендские магматические образования. Раннепротерозойский комплекс представлен субщелочными габброидами, гранитоидами и метариолитами. С магматизмом данного этапа связаны кварцевые и кварц-карбонатные жилы. К рифейскому магматическому комплексу относятся силлы и дайки долеритов. Вендские магматические образования представлены штоками, дайками, некками и трубками взрыва, сложенными сиенит-порфирами и трахибазальтами (Сметанникова и др., 2013).

4. Результаты исследований

4.1. Минералого-геохимические особенности россыпного золота конгломератов раннепермского возраста

Базальные конгломераты ортокинской свиты раннепермского возраста обнаружены по левому борту р. Карат (левый приток р. Сололи) (рис. 2, а) и залегают на зеленосланцевых метаморфических образованиях эекитской серии раннего протерозоя. Конгломераты представляют собой светло-серые породы мощностью 2.5 м, сложенные галькой и гравием молочно-белого и дымчатого кварца, единичными черными и полосчатыми кремнями и метасланцами. Галька угловато- и хорошо окатанная, размером 1–3 см по длинной оси. Заполнитель — белый каолинизированный кварцевый песчаник. Перекрываются эти образования переслаивающимися алевролитами и песчаниками.

Для отбора мелкообъемной пробы пройдена небольшая выработка-расчистка (рис. 2, б). Породы крепко сцементированы, что усложняет их дробление. Объем промытой пробы составил 3 м³. Выход тяжелого материала низкий. В шликсе встречаются магнетит, гематит и мелкое золото. Всего извлекли 31 мг золота, содержание которого составило 10.3 мг/м³. Оно имеет следующий гранулометрический состав: 0.25–0.5 мм — 10%, <0.25 мм — 90%, характеризуется пластинчатой формой с отпечатками вдавливания минералов на поверхности и довольно часто со сквозными отверстиями (рис. 3, а, б). Такие отпечатки вдавливания минералов на поверхности

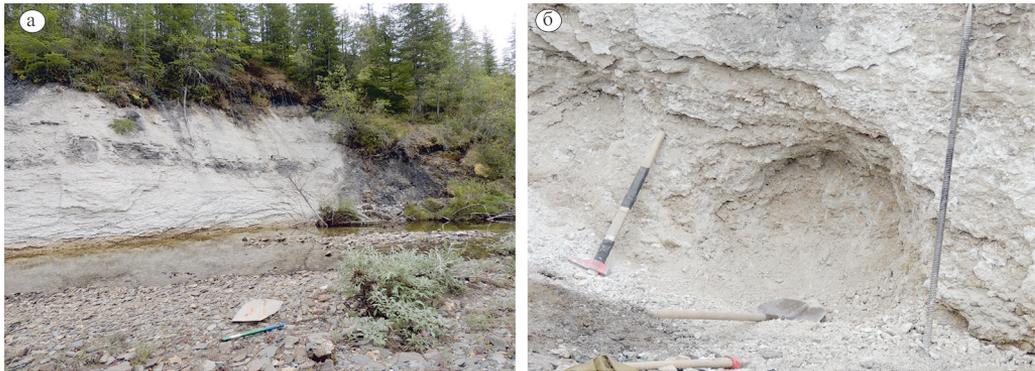


Рис. 2. Выходы пород ортокинской свиты пермского возраста по левому борту р. Карат (бассейн р. Сололи):

а — общий вид; б — выработка, пройденная по мелкогалечным конгломератам

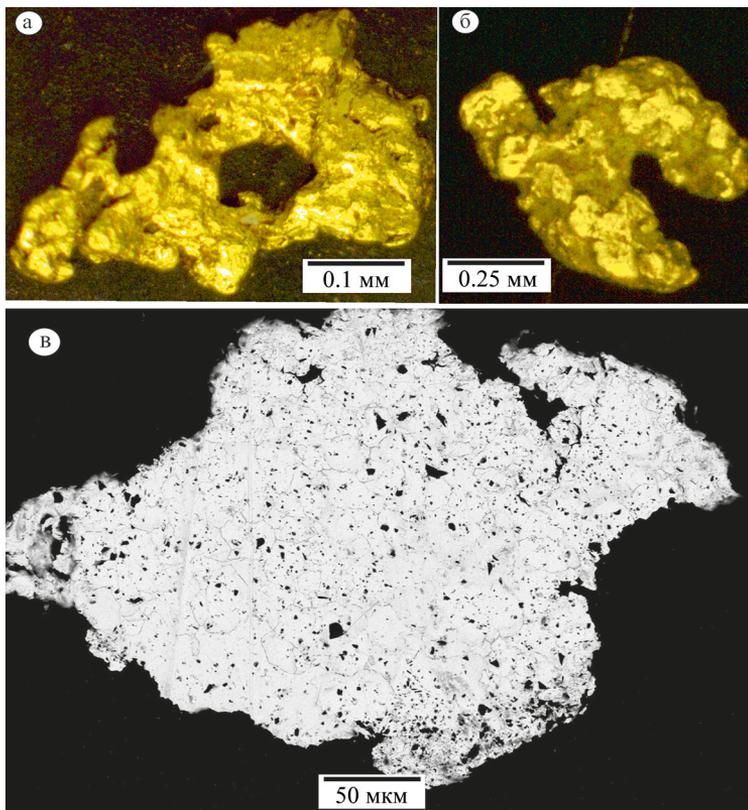


Рис. 3. Золото пермских конгломератов:

а, б — золото пластинчатой формы со следами вдавливания минералов вмещающих толщ на поверхности; в — структура дезинтеграции высокопробного золота (протравлено реактивом на основе царской водки)

золотин формируются при его преобразовании в конгломератах под воздействием литостатического давления вышележащих толщ и являются индикаторными признаками поступления золота в современный аллювий из древних промежуточных коллекторов (Никифорова и Филиппов, 1990). Отмечаются первые проценты совершенно неокатанных кристаллических форм золота. Наблюдаются единичные пластинки с бурым налетом гидроокислов железа. Пробность золота варьирует от среднего до весьма высокого: 800–899 ‰ — 10 %, 900–950 ‰ — 70 % и 951–999 ‰ — 20 %. Внутреннее строение представлено структурами дезинтеграции и грануляции (рис. 3, в), что в целом является характерным для золота древних промежуточных коллекторов (Николаева и др., 2003).

4.2. Минералого-геохимические особенности россыпного золота современных аллювиальных отложений

Поперечный профиль долины р. Сололи на изученном участке корытообразный. Русло весьма извилистое, шириной от 10 до 100 м. Днище долины в интервале 500–1000 м характеризуется заболоченной и густо залесенной поверхностью. Первая надпойменная терраса отмечается фрагментарно. Относительные превышения террасы над урезом воды достигают 3–4 м. Высокая пойма развита широко. Ширина ее колеблется от 10 до 300 м. Высота уступов над урезом воды 1–3 м. Низкая пойма отмечается повсеместно и имеет ширину от 0.5 до 50 м. Вдоль русла часто наблюдаются косы протяженностью от 30 до 500 м, при ширине от 10 до 180 м. Они сложены валунно-галечно-гравийно-песчаным материалом, который представлен главным образом местными породами — метаморфизованными песчаниками, сланцами, конгломератами, песчаниками, карбонатными породами, риолитами, жильным кварцем.

Гранулометрический состав золота следующий: 1–2 мм — 1 %, 0.5–1 мм — 5 %, 0.25–0.5 мм — 30 %, 0.1–0.25 мм — 57 % и <0.1 мм — 7 %. Оно характеризуется хорошо окатанной пластинчатой, реже комковидной формой и грубошагренево-поверхностью с отпечатками вдавливания минералов вмещающих толщ, довольно часто со сквозными отверстиями (рис. 4, а). Наряду с этим обнаружено слабоокатанное золото пластинчатой (рис. 4, б), угловато-комковидной (рис. 4, в), крючковатой, кристаллической форм с ямчато-бугорчатой или гладкой поверхностью, иногда в сростании с кварцем (рис. 4, г). Необходимо отметить, что в пробе ДЭ-5/1 обнаружены крупные сростки золота с кварцем в количестве 10 шт. весом от 20 мг до 1.62 г (рис. 4, д).

Пробность золота аллювиальных отложений по данным 500 определений следующая: 900–999 ‰ — 60 %, 800–850 ‰ — 30 %, 700–799 ‰ — 5 % и 600–699 ‰ — 5 %. В единичных золотилах микрорентгеноспектральным анализом установлены элементы-примеси Hg до 1.8 % и Cu до 0.2 %.

Внутреннее строение пластинчатого золота существенно преобразовано и характеризуется мощными высокопробными оболочками (рис. 5, а), структурами грануляции (рис. 5, б) и линиями пластических деформаций.

В качестве минеральных включений в золоте обнаружены единичные пирит, гессит и монацит (рис. 6).

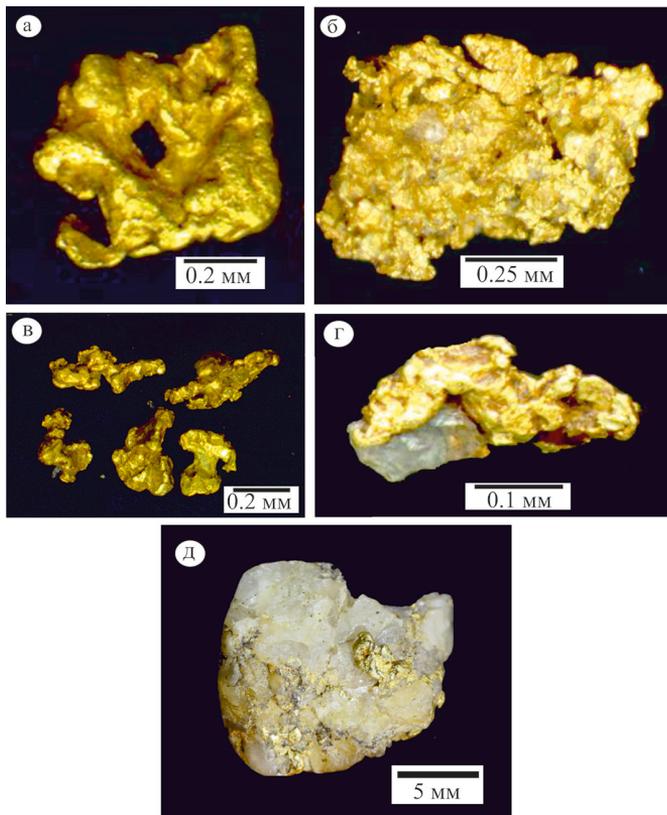


Рис. 4. Морфология золота современных аллювиальных отложений бассейна р. Сололи:

а — пластинчатое золото со сквозным отверстием и отпечатками вдавливания минералов вмещающих толщ на поверхности; б — золото трещинного типа с необработанной в россыпных условиях поверхностью; в — слабоокатанное золото; г — слабоокатанное золото в сростке с кварцем; д — крупный сросток золота с кварцем

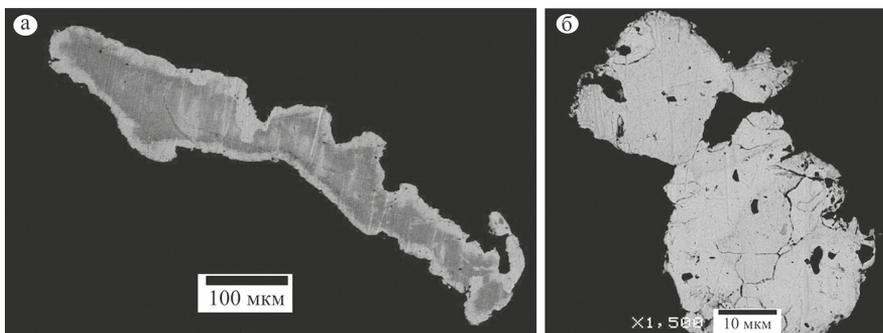


Рис. 5. Внутреннее строение золота современного аллювия р. Сололи:

а — весьма высокопробная оболочка среднепробного золота (протравлено реактивом на основе царской водки); б — структура грануляции высокопробного золота (протравлено реактивом на основе царской водки)

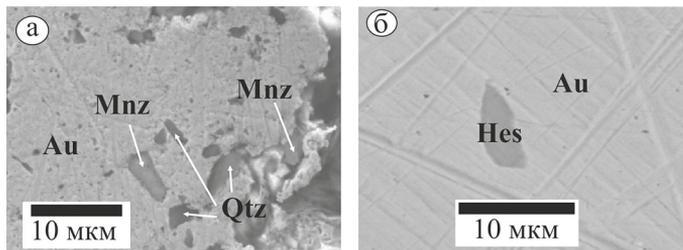


Рис. 6. Минеральные включения в золоте:
 а — включения монацита в среднепробном золоте; б — включение гессита в низкопробном золоте

4.3. Потенциальные коренные источники золота

По данным предшественников наиболее перспективными в качестве рудных источников золота на исследуемой территории являются кварцевые жилы, развитые в метаморфизованных песчаниках и сланцах эекитской серии раннего протерозоя, а также риолитах того же возраста (Шпунт, 1974; Яблокова и Израилев, 1988; Константиновский, 2000). Кроме этого, нами обнаружено золотосульфидное оруденение, сформированное по песчаникам ныкабытской свиты ранне-среднепермского возраста.

Кварцевые жилы, приуроченные к образованиям эекитской серии, имеют широкое распространение в бассейне среднего течения р. Сололи, включая бассейны р. Карат, Радость и Бургалды. Жилы и прожилки представляют собой ветвящиеся согласные и секущие образования кварцевого, реже кварцево-карбонатного составов до 0.3 м, видимой протяженностью 2–3 м, инфильтрующие метапесчаники и сланцы эекитской серии (рис. 7, а). Общий объем кварцевожильного материала достигает 1–2% во вмещающих породах. Жильный кварц серый полупрозрачный с вкрапленностью пирита. Породы опробованы фрагментарно в разрозненных скальных выходах, развалах и осыпях в средних и нижних частях речных долин.

В аншлифах из кварцевых жил обнаружены включения самородного золота, сульфидных минералов и монацита. Видимое золото представлено весьма мелкими (первые микрометры) неправильными в плане выделениями (рис. 7, б). Среди сульфидов наиболее широким распространением пользуется пирит, представленный кристаллами или их агрегатами, довольно часто в ассоциации с калиевым полевым шпатом (рис. 7, в). Галенит выявлен в виде небольших (до 5 мкм) кристаллов в основном в качестве включений в сфалерите (рис. 7, г). Последний довольно широко распространен и имеет неправильные формы зерен размером до 50 мкм. Весьма широкое распространение имеет монацит, состоящий, как правило, из нескольких агрегатов сложной формы (рис. 7, д).

С целью выделения сульфидов и самородного золота раздроблено десять образцов метаморфических горных пород эекитской серии с кварцевыми прожилками. Свободного золота не обнаружено. Удалось выделить незначительное количество пирита (рис. 8, а), в котором обнаружены включения микрофаз золота, сфалерита, гринокита, монацита и галенита. Золото характеризуется весьма мелкими

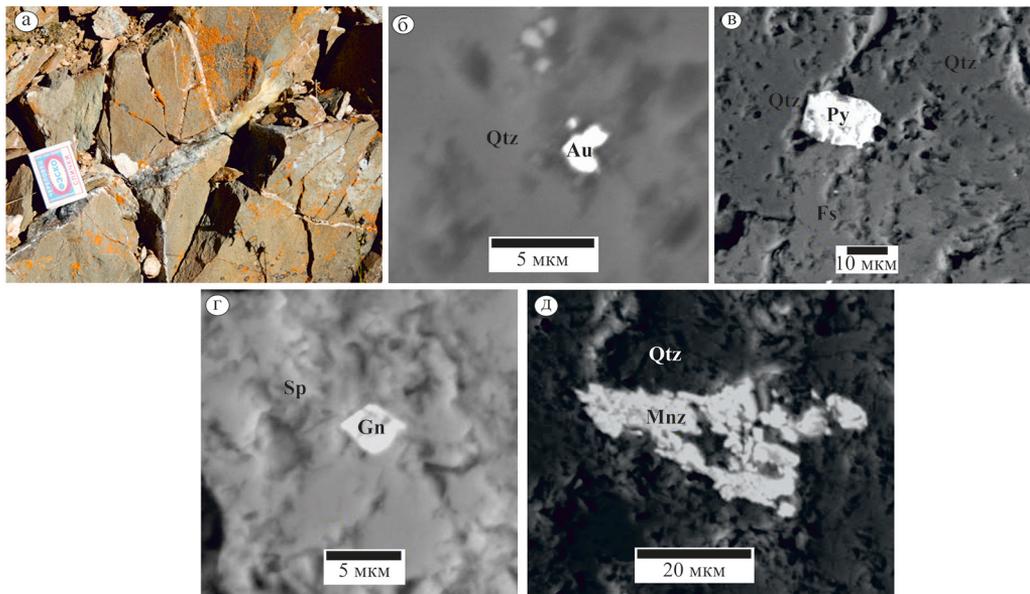


Рис. 7. Золотосульфидное оруденение кварцевых жил, генетически связанных с метаморфизованными песчаниками и сланцами экеитской серии раннего протерозоя: а — кварцевые жилы и прожилки в метапесчаниках; б — мелкое зерно золота (Au) в кварцевой (Qtz) жиле; в — пирит (Py) в зоне срастания кварца (Qtz) и калиевого полевого шпата (Fs); г — включение мелкого кристалла галенита (Gn) в сфалерите (Sp); д — монацит (Mnz) в кварцевой (Qtz) жиле

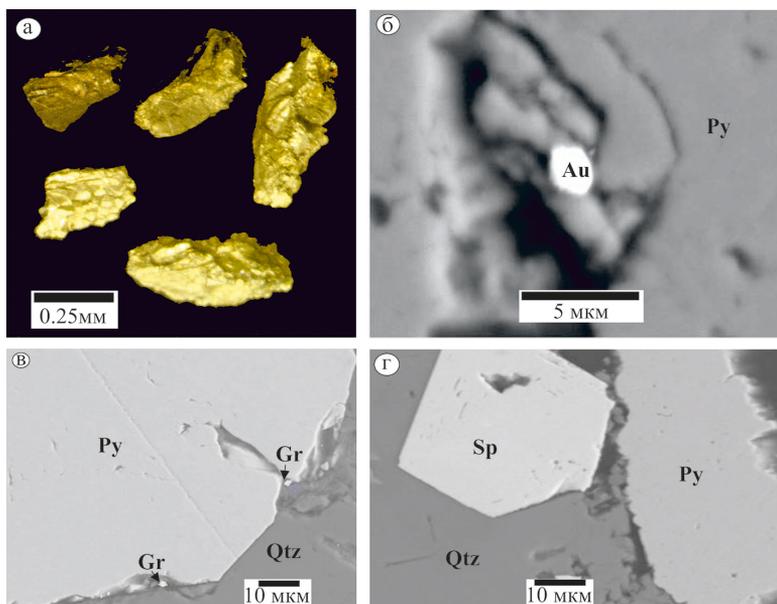


Рис. 8. Минеральные микровключения в пирите из кварцевых жил, развитых по метаморфизованным песчаникам экеитской серии раннего протерозоя: а — зерна пирита из протолок кварцевых жил; б — включение весьма мелкого золота (Au) в пирите (Py); в — фазы гринокита (Gr) в зоне срастания пирита (Py) и кварца (Qtz); г — срастание сфалерита (Sp), пирита (Py) и кварца (Qtz)

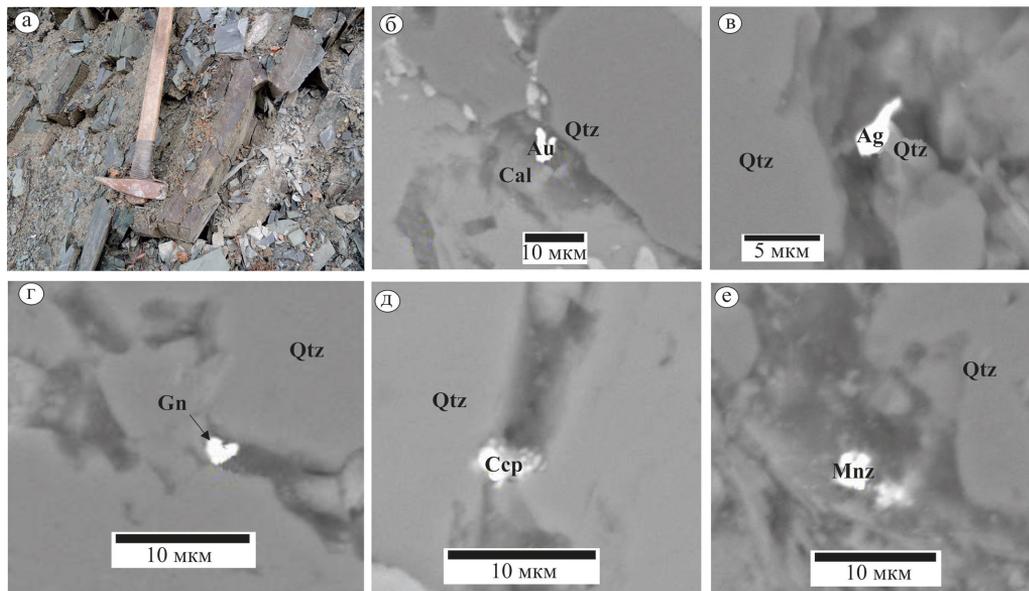


Рис. 9. Золотосульфидная минерализация в кварцевых жилах, связанных с риолитами:

а — зона контакта риолитов с метасланцами экиитской серии раннего протерозоя; б — мелкое золото (Au) в зоне срастания кварца (Qtz) и кальцита (Cal); в — самородное серебро (Ag) в кварцевой (Qtz) жиле; г — включение галенита (Gn) в микротрещине кварца (Qtz); д — зерно халькопирита (Ccp) в кварцевой (Qtz) жиле; е — включение монацита (Mnz) в кварце (Qtz)

(первые микрометры) изометричными зернами (рис. 8, б). Включения гринокита и сфалерита развиты в контактовых зонах пирита и кварца (рис. 8, в, г).

Метариолиты закартированы по левобережью р. Сололи в бассейнах р. Радость и Карат и образуют небольшие тела (мощностью 3–5 м), согласные с вмещающими сланцами экиитской серии раннего протерозоя. Они представляют собой светлые зеленовато-серые микрозернистые образования, имеющие с вмещающими породами резкие контакты. Вмещающие породы — темно-серые сланцы, которые в зонах контактов с метариолитами подвержены ороговиканию (рис. 9, а). Мощность зон контактов не превышает 0.3–0.4 м. Как сами метариолиты, так и вмещающие породы пронизаны жилами и прожилками кварца. Кварц светло-серый, белый.

Микронзондовым анализом в аншлифах из кварцевых жил, развитых в риолитах, обнаружены самородное золото и серебро, сульфидные минералы и монацит. Самородное золото и серебро характеризуются мелкими (до 5 мкм) комковидными и пластинчатыми выделениями (рис. 9, б, в). Сульфиды присутствуют в виде вкраплений (размером первые микроны) и представлены арсенопиритом, халькопиритом и галенитом (рис. 9, г, д). Монацит имеет мелкие размеры и изометричные формы (рис. 9, е).

Золотосульфидное оруденение обнаружено по левому борту р. Карат в зоне тектонической трещиноватости песчаников ныкабытской свиты ранне- и среднепермского возраста. Видимая мощность зоны 5–6 м при видимой протяженности около 40 м. Песчаники, которые залегают на сланцах экиитской серии раннего протеро-

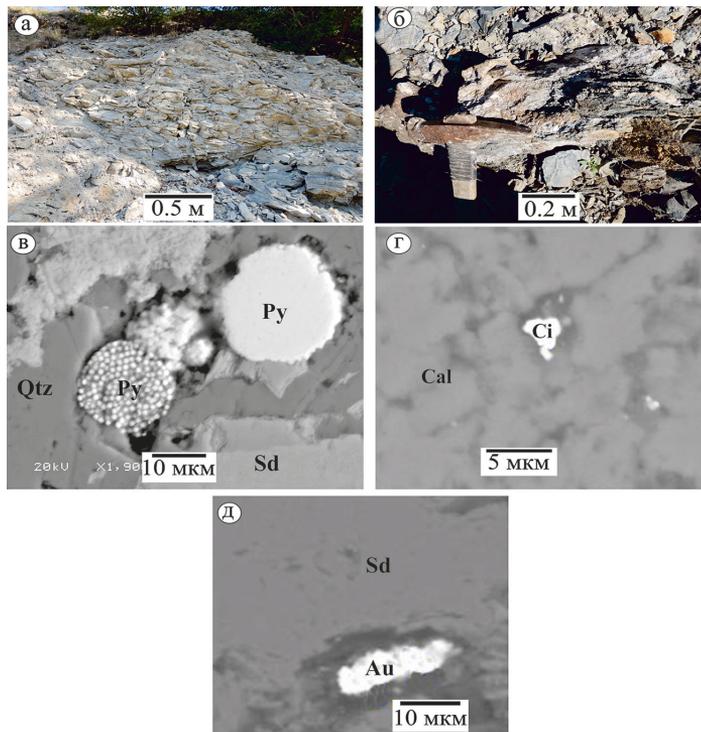


Рис. 10. Золотосульфидное оруденение, сформированное по песчанкам ныкабытской свиты поздней перми:

а — зона катаклаза песчаников; б — кварц-кальцит-сидеритовые брекчии, слагающие нижнюю часть разреза пермских обнажений; в — пирит (Py) в кварцевом (Qtz) прожилке; г — мелкое зерно киновари (Ci) в кальцитовом (Cal) прожилке; д — включение золота (Au) в сидерите (Sd)

зоя, — это среднезернистые светло-серые породы, интенсивно катаклазированные и лимонитизированные (рис. 10, а). Отмечаются многочисленные разнонаправленные мелкие трещины. В нижней части разреза измененных песчаников наблюдаются секущие их кварц-кальцит-сидеритовые брекчии (рис. 10, б), в которых обнаружены весьма мелкие вкрапленники (до 5–10 мкм) пирита, арсенопирита, киновари (рис. 10, в, г) и золота. Выявлены также единичные более крупные (> 10 мкм) зерна золота с примесью Hg до 2.6 % (рис. 10, д). Кроме этого, довольно широко распространен барит.

5. Обсуждение результатов исследования

По результатам опробования можно констатировать, что максимальное содержание золота в русле выявлено в пробах, отобранных со «щеток» — ловушек, сложенных сланцами и метаморфизованными песчаниками эекитской серии. Примечательно, что в них преобладает слабоокатанное золото рудного облика и довольно часто в сростке с кварцем. Здесь также отмечаются как слабоокатанные, так и полукисленные сульфиды — в основном пирит и галенит. В косовых отложениях

максимальные содержания зафиксированы в интервале от дневной поверхности до 0.5 м. В более глубоких горизонтах содержание золота заметно падает.

Гранулометрический анализ показал, что преобладает мелкое золото, а на долю среднего металла приходится лишь около 1%. Вместе с тем в пробе ДЭ-5/1 обнаружены крупные сростки золота с кварцем. Крупность этих золотинок, плохая окатанность и невыкрошившийся кварц свидетельствуют об их ближнем сносе.

По морфологическим особенностям большая часть изученного золота характеризуется главным образом пластинчатой формой и грубошагреневой поверхностью с отпечатками вдавливания минералов вмещающих толщ, довольно часто со сквозными отверстиями. Оно имеет интенсивно измененное внутреннее строение, что выражено структурами грануляции, рекристаллизации и мощными высокопробными оболочками. Эти признаки свидетельствуют о поступлении золота из промежуточных коллекторов, одним из которых являлись золотоносные конгломераты раннепермского возраста. На это указывает идентичность морфологии, пробности и внутреннего строения золота раннепермского коллектора и русловых отложений р. Карат, дренирующей эти отложения.

Наряду с этим в пробах из русловых и косовых отложений бассейна р. Сололи обнаружено слабоокатанное золото угловато-комковидной, крючковатой, пластинчатой, кристаллической форм, иногда в ассоциации с плохо окатанными сульфидными минералами. Содержание такого металла колеблется от 3 до 10% в пробах из косовых отложений и до 90% в пробах из «щеток», сложенных породами эекитской серии. Одним из потенциальных рудных источников данного золота могут быть кварцевые жилы, сформированные в докембрийских образованиях. На это указывают находки крупных сростков золота с кварцем в непосредственной близости от коренных выходов сланцев эекитской серии, пронизанных кварцевыми жилами.

Микрозондовый анализ показал, что пробность золота большинства исследованных мелкообъемных и щлиховых проб варьирует в довольно узких пределах: от относительно низкой — 700‰ до высокопробной — 998‰. Только в двух пробах выявлены низкопробные (500–699‰) золотины в количестве 5 и 15% соответственно. Примечательно, что в названных пробах преобладает золото рудного облика. В целом по россыпи доминирует золото высокой пробы (900–998‰) — более 60%. В качестве элементов примесей микрозондовым анализом обнаружены единичные определения содержаний Hg до 1.8% и Cu до 0.2%.

Рудные источники россыпного золота предположительно связаны с кварцевыми жилами сланцев эекитской серии и метариолитов докембрийского возраста. В кварцевых жилах названных пород обнаружено самородное золото и серебро, а также весьма благоприятный для золотого оруденения парагенезис сульфидных минералов, характерный для золото-кварц-сульфидного формационного типа. Обнаружение в среднепробном золоте микровключения монацита также указывает на его связь с этими рудными проявлениями, поскольку данный минерал имеет в них довольно широкое распространение.

Кроме этого, в пирите из протолок кварцевых жил выявлено, наряду с включениями сфалерита, галенита и гринокита, весьма мелкое самородное золото. Отсутствие видимого золота в протолочках кварцевых жил объясняется, видимо, недостаточным количеством обработанных штучных проб.

Обнаружение в бассейне р. Карат зоны катаклаза, развитой в ранне- и среднепермских песчаниках, где сформировано наложенное вкрапленное золото-сульфидное оруденение с содержанием золота до 0.5 г/т, позволяет предположить наличие в районе коренных источников, связанных с процессами тектономагматической активизации мезозойского возраста, широко проявленными на северо-востоке Сибирской платформы (Никифорова и др., 2013). В пользу этого предположения свидетельствуют интенсивные вторичные изменения песчаников ныкабытской свиты, выраженные тектонической трещиноватостью и лимонитизацией. Предполагается, что данная зона катаклаза относится к Анабаро-Экитской системе разломов, которая подновлялась в мезозойское время (Gerasimov, 2021). Интрузивные породы трапповой формации раннетриасового возраста закартированы юго-западнее изученной территории и не попадают в границы рис. 1 (Сметанникова и др., 2013).

Установление в качестве минеральных парагенезисов таких индикаторов низкотемпературных гидротермальных процессов, как ртутьсодержащее золото, кинноварь и барит, свидетельствует о малоглубинных и низкотемпературных условиях образования данного рудопроявления. Вероятно, слабоокатанное низкопробное золото с включением гессита связано с рудным проявлением этого типа.

6. Краткие выводы

1. По типоморфным индикаторным признакам выделяется две разновидности золота.

Первая разновидность — средне- и высокопробное золото пластинчатой и комковидной формы, часто с отпечатками вдавливания минералов на поверхности. Внутреннее строение представлено структурами грануляции и весьма высокопробными оболочками. Источниками этого золота служили промежуточные коллекторы, вероятно, пермского и рифейского возраста, широко развитые в изучаемом районе.

Ко второй разновидности относится слабоокатанное золото крючковатой, трещинной (пластинчатой), кристаллической и угловато-комковидной форм с ямчато-бугорчатой или гладкой поверхностью и крупные сростки золота с кварцем. Пробность данного золота варьирует от низкой до весьма высокой. Можно предположить, что коренными источниками его служили кварцевые жилы, генетически связанные со сланцами и метаморфизованными песчаниками экитской серии и метариолитами докембрийского возраста.

2. Рудные проявления, приуроченные к зеленосланцевометаморфизованным терригенным отложениям экитской серии и метариолитам раннего протерозоя по установленным минеральным парагенезисам могут быть отнесены к золото-кварц-сульфидному формационному типу.

3. Обнаружение золотосульфидного оруденения в зоне тектонической трещиноватости ранне- и среднепермских песчаников позволяет предполагать в качестве дополнительных источников питания рудные проявления, сформированные при процессах тектономагматической активизации мезозойского возраста.

4. Выявление самородного золота в кварцевых жилах в свободном виде и в качестве микровключений в пирите, а также обнаружение крупных слабоокатанных

сростков золота с кварцем в россыпи р. Сололи позволяет положительно оценить перспективы дальнейшего изучения рудных проявлений Сололийского поднятия Оленекского свода.

Литература

- Виноградов, В. А., Красильщиков, А. А., Горина, И. Г. (1967). Об источниках золота на Оленекском поднятии. *Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР*, 15, 114–119.
- Герасимов, Б. Б. и Никифорова, З. С. (2004). Эпохи формирования россыпной золотоносности бассейна р. Ээкиг (юго-восток Оленекского поднятия). *Отечественная геология*, 6, 3–6.
- Герасимов, Б. Б. и Никифорова, З. С. (2005). Типоморфные особенности золота из разновозрастных отложений юго-восточной части Оленекского поднятия. *Записки ВМО*, 5, 69–73.
- Константиновский, А. А. (2000). *Палеороссыпи в эволюции осадочной оболочки континентов*. М.: Научный мир.
- Никифорова, З. С., Герасимов, Б. Б., Глушкова, Е. Г., Каженкина, А. Г. (2013). Золотоносность востока Сибирской платформы: россыпи — коренные источники. *Геология рудных месторождений*, 55 (4), 305–319. <https://doi.org/10.1134/S1075701513040065>
- Никифорова, З. С. и Филиппов, В. Е. (1990). Золото псевдорудного облика в древних конгломератах. *Доклады АН СССР*, 311 (2), 455–457.
- Николаева, Л. А., Гаврилов, А. М., Некрасова, А. Н., Яблокова, С. В., Шатилова, Л. В. (2003). *Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России*. М.: ЦНИГРИ.
- Патык-Кара, Н. Г. (2008). *Минералогия россыпей: типы россыпных провинций*. М.: ИГЕМ РАН.
- Петровская, Н. В., Новгородова, М. И., Фролова, К. Е. (1980). О природе структур и субструктур эндогенных выделений самородного золота. В: Н. В. Петровская, И. И. Фатьянов, под ред., *Минералогия самородных элементов*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 10–20.
- Сметанникова, Л. И., Гриненко, В. С., Маланин, Ю. А., Прокопьев, А. В. (2013). *Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Анабаро-Вилуйская. Лист R-51 — Джарджан: объяснительная записка*. СПб.: ВСЕГЕИ.
- Тимофеев, В. И., Нестеров, Н. В., Шпунт, Б. Р. (1970). Золотоносность западной Якутии. В: *Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР*, 17, 103–110.
- Шпунт, Б. Р. (1970). Генетические типы проявлений золота в северо-восточной части Сибирской платформы. *Ученые Записки НИИГА. Региональная геология*, 18, 5–15.
- Шпунт, Б. Р. (1974). Типоморфные особенности и генезис россыпного золота на севере Сибирской платформы. *Геология и геофизика*, 9, 77–88.
- Яблокова, С. В. и Израилев, Л. М. (1988). Минералогия золота в разновозрастных толщах осадочного чехла Оленекского поднятия. В: В. А. Нарсеев, под ред., *Геология россыпей благородных металлов и их прогнозирование*. М.: ВЦИОМ.
- Donna, L. (2010). Whitney and Bernard W. Evans. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185–187.
- Gerasimov, B. (2021). Typomorphism of placer gold and prerequisites for the discovery of gold ore occurrences in the southern part of the Lena-Anabar trough (north-east of the Siberian platform). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. WMESS*. [online] Prague. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/906/1/012081>

Статья поступила в редакцию 14 июня 2022 г.
Статья рекомендована к печати 20 марта 2023 г.

Контактная информация:

Герасимов Борис Борисович — bgerasimov@yandex.ru

Typomorphic features of placer gold of the Sololi River basin (northeast of the Siberian platform)*

B. B. Gerasimov

Diamond and Precious Metal Geology Institute of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences,
39, ul. Lenina, Yakutsk, 899007, Russian Federation

For citation: Gerasimov, B. B. (2023). Typomorphic features of placer gold of the Sololi River basin (northeast of the Siberian platform). *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 68 (2), 218–234. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2023.202> (In Russian)

Mineralogical features of placer gold and gold-sulfide ore occurrences of the Sololi river basin from the Sololi uplift of the Olenek arch have been studied. According to the typomorphic indicators, two types of gold are distinguished. The first type is gold of a tabular and lumpy shape, often with mineral indentation imprints. The inner structure is represented by granulation, and recrystallization, high-grade intergranular veins, and high-grade shells typical of the gold of intermediate reservoirs. This type of gold is characterized by a high fineness. The sources of this type of gold were gold-bearing intermediate reservoirs of the Permian and Riphean widely developed in the studied area. The second type of gold includes subrounded and poorly rounded gold, ore gold of hooked, tabular, crystalline and angular-lumpy shapes with a pitted-bumpy or flat surface, as well as large growths of gold with quartz. The fineness of this type of gold varies from low to very high. Its primary sources were probably quartz veins genetically related to the metamorphic rocks of the Eekit series and Precambrian rhyolites. Ore occurrence formed by the Late Permian clastic rocks during the processes of the Mesozoic tectonomagmatic activation is considered as an additional source of feeding. Establishment of indicators of low-temperature hydrothermal processes as mineral parageneses, such as mercury gold, cinnabar and barite, suggests shallow and low-temperature formation conditions of this ore occurrence.

Keywords: Siberian platform, Olenek uplift, conglomerates, placer gold, typomorphic features, fineness, inner structure, disseminated gold sulfide mineralization, mineral inclusions, tectonomagmatic activation.

References

- Donna, L. (2010). Whitney and Bernard W. Evans. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185–187.
- Gerasimov, B. (2021). Typomorphism of placer gold and prerequisites for the discovery of gold ore occurrences in the southern part of the Lena-Anabar trough (north-east of the Siberian platform). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. WMESS*. [online] Prague. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/906/1/012081>
- Gerasimov, B. B. and Nikiforova, Z. S. (2004). The epochs of the formation of placer gold content in the basin of the river. Eekit (Southeast of the Olenek uplift). *Domestic geology*, 6, 3–6. (In Russian)
- Gerasimov, B. B. and Nikiforova, Z. S. (2005). Typomorphic features of gold from deposits of different ages in the Southeastern part of the Olenek uplift. *WMO Notes*, 5, 69–73. (In Russian)
- Konstantinovskiy, A. A. (2000). *Paleoplacers in the evolution of the sedimentary cover of continents*. Moscow: Nauchnyi mir Publ. (In Russian)
- Nikiforova, Z. S. and Filippov, V. E. (1990). Pseudo-ore gold in ancient conglomerates. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR*, 311 (2), 455–457. (In Russian)

* The study was supported by the Russian Science Foundation grant no. 22-27-20033, <https://rscf.ru/project/22-27-20033>.

- Nikiforova, Z. S., Gerasimov, B. B., Glushkova, E. G., Kazhenkina, A. G. (2013). Gold-bearing potential of the east of the Siberian platform: placers — primary sources. *Geology of ore deposits*, 55 (4), 305–319. <https://doi.org/10.1134/S1075701513040065> (In Russian)
- Nikolaeva, L. A., Gavrilov, A. M., Nekrasova, A. N., Yablokova, S. V., Shatilova, L. V. (2003). *Atlas of native gold of ore and placer deposits of Russia*. Moscow: CNIGRI Publ. (In Russian)
- Patyk-Kara, N. G. (2008). *Mineralogy of placers: types of placer provinces*. Moscow: IGEM RAS Press. (In Russian)
- Petrovskaya, N. V., Novgorodova, M. I., Frolova, K. E. (1980). On the nature of structures and substructures of endogenous native gold bodies. In: N. V. Petrovskaya, I. I. Fatyanov, eds, *Mineralogy of native elements*. Vladivostok: DVNTs AN SSSR Publ., 10–20. (In Russian)
- Shpunt, B. R. (1970). Genetic types of gold occurrences in the north-east of the Siberian Platform. *Scientific Notes of SRIGMRWO. Regional geology*, 18, 5–15. (In Russian)
- Shpunt, B. R. (1974). Typomorphic features and genesis of placer gold in the north of the Siberian platform. *Geology and Geophysics*, 9, 77–88. (In Russian)
- Smetannikova, L. I., Grinenko, V. S., Malanin, Yu. A., Prokopiev, A. V. (2013). *State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Anabar-Vilyui series. Sheet R-51 — Jarjan. Explanatory note*. St. Petersburg: VSEGEI Publ. (In Russian)
- Timofeev, V. I., Nesterov, N. V., Shpunt, B. R. (1970). Gold content of western Yakutia. In: *Materials on geology and minerals of the Yakut ASSR*, 17, 103–110. (In Russian)
- Vinogradov, V. A., Krasilshchikov, A. A., Gorina, I. G. (1967). On the sources of gold of the Olenek uplift. *Contributions to the geology and minerals of the Yakut ASSR*, 15, 114–119. (In Russian)
- Yablokova, S. V. and Israelev, L. M. (1988). Mineralogy of gold in different age strata of the sedimentary cover of the Olenek uplift. In: V. A. Narseev, ed., *Geology of placers of precious metals and their forecasting*. Moscow: VTsIOM Publ. (In Russian)

Received: June 14, 2022
Accepted: March 20, 2023

Author's information:

Boris B. Gerasimov — bgerasimov@yandex.ru