

## *Минералогия, минеральные ресурсы*

УДК 553. 411

DOI 10.31242/2618-9712-2018-24-2-39-48

### **Типоморфизм россыпного золота Хатырхайского рудно-россыпного узла (Верхнеамгинская площадь)**

З.С. Никифорова, А.Г. Каженкина

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

**Аннотация.** *Необходимость изучения типоморфизма россыпного золота объясняется тем, что оно является эффективным и перспективным направлением для прогнозирования формирования возможных типов золоторудных месторождений на слабоизученных территориях и не требует больших финансовых затрат. Изучение типоморфных признаков россыпного золота Хатырхайского рудно-россыпного узла Верхнеамгинской площади позволило установить, что золото характеризуется однотипными минералого-геохимическими особенностями. Во всех россыпях преобладает мелкое высокопробное золото со схожими морфологическими признаками, в основном слабоокатанное, неправильной формы, имеющее рудный облик, что свойственно золоту ближнего сноса и тесной связи золотоносных россыпей с близлежащими коренными источниками. Выявленные в россыпном золоте элементы-примеси и микровключения рудных и пороодообразующих минералов отражают специфику минерального состава Хатырхайского рудного поля, что дополнительно подтверждает вывод о поступлении золота из близлежащих коренных источников золотосульфидной формации. Обнаружение таких микровключений как теллуриды висмута (теллуровисмутит, галеновисмутит) указывает на условия образования золотого оруденения, связанного с экзоконтактовым метасоматозом с интрузией монзонит-сиенитового состава. Внутренние структуры золота данного рудно-россыпного узла характеризуются средне- и крупнозернистым строением, иногда в них наблюдаются структуры полной грануляции и дезинтеграции, являющиеся признаками термального метаморфизма, сформированные в ходе интра- и пострудных преобразований. В россыпном золоте практически отсутствуют высокопробные оболочки и микропрожилки, что свидетельствует о непродолжительном пребывании шлихового золота в гипергенных условиях. В целом, на основании изучения типоморфизма россыпного золота, сделан вывод, что предполагаемым золоторудным источником Хатырхайского россыпного поля является золотоскарновый тип оруденения (лебединский), проявленный в скарнированных породах и березитизированных гранитогнейсах.*

Ключевые слова: типоморфные особенности россыпного золота, морфология, гранулометрия, микровключения, внутренние структуры, пробность, золоторудные источники, скарновые оруденения.

*Благодарности.* Работа выполнена в рамках плана НИР ИГАБМ СО РАН, проект № 0381-2016-0004.

DOI 10.31242/2618-9712-2018-24-2-39-48

### **Typomorphism of placer gold of the Khatyrkhay ore-placer cluster (Upper-Amga area)**

Z.S. Nikiforova, A.G. Kazhenkina

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

**Abstract.** *It is necessary to study typomorphism of placer gold, because it is an effective and promising trend for forecasting formation of possible types of gold deposits in poorly studied areas, which does not re-*

*quire considerable costs. A study of typomorphic features of placer gold of the Khatyrkhay ore-placer cluster (Upper-Amga area) allowed determining that it is characterized by mineralogical-geochemical features of the same type. Fine high-standard gold with similar morphologic features prevails in all placers. It is mainly poor rounded, has an irregular shape and ore outlook that is typical for autochthonous gold and close relation of auriferous placers to neighboring primary sources. Trace elements and microinclusions of ore and rock-forming minerals identified in placer gold reflect a specific character of mineral composition of the Khatyrkhay ore field that additionally confirm a conclusion about delivery of gold from the neighboring primary sources of the gold-sulfide formation. A discovery of such microinclusions as tellurides of bismuth (tellurobismuthite, galenobismuthite) indicates conditions of the formation of gold mineralization related to exo-contact metasomatism with the intrusion of monzonite-syenite composition. Inner structures of gold of this ore-placer cluster are characterized by the middle- and coarse-grained structure, sometimes the structures of full granulation and disintegration are observed in them, being signs of thermal metamorphism, formed during intra- and post-ore transformations. Placer gold almost lacks high-standard shells and microveinlets that indicates short-term presence of alluvial gold in supergene conditions. In general, on the basis of the study of typomorphism of placer gold it is concluded that the assumed gold ore source of the Khatyrkhay placer field is the gold-skarn type of mineralization (Lebedinsky), manifested in skarnified rocks and beresitized granite gneisses.*

Key words: typomorphic features of placer gold, morphology, granulometry, microinclusions, inner structures, fineness, gold sources, skarn mineralizations.

*Acknowledgments. This work was carried out with financial support of the R&D plan of IGABM SB RAS, project No. 0381-2016-0004.*

### Введение

Известно, что типоморфизм россыпного золота (морфология, granulometрия, пробность, элементы-примеси, микровключения, внутреннее строение и т.д.) несёт важнейшую информацию о природе коренных источников [1–5]. В связи с этим изучение минералого-геохимических особенностей и закономерности распределения золота дают возможность определить тип оруденения и его местонахождение. Выявление индикаторных признаков россыпного золота, как показателя рудогенеза, позволяет, в первом приближении, прогнозировать на исследуемой территории формирование определенных типов рудных источников [6–10].

Хатырхайский рудно-россыпной узел расположен в центральной части Верхнеамгинского золотоносного района Алдано-Становой металлогенической провинции (рис. 1). Исследуемая площадь сложена отложениями платформенного чехла, представленными венд-нижнекембрийскими терригенно-карбонатными и нижнеюрскими терригенными. Докембрийские породы фундамента распространены ограниченно и формируют небольшие горстовые структуры в виде отдельных блоков, вмещающих в себя золотое оруденение. На этом уровне наблюдаются золотосодержащие метасоматиты в виде линз и непротяженных тел кварц-лимонитового и лимонит-гематитового состава. Палеоген-неогеновые отложения, выполняющие участки долин, приурочены к узким линейным неотектоническим грабенам с отчетливыми признаками наложенного гипергенного выветривания. Золотоносные лимонитизированные глинистые ги-

пергенные образования палеоген-неогенового возраста отмечаются в руч. Таяхтах. Неоген-четвертичные отложения распространены на всей площади и представлены элювиальным, делювиальным, солифлюкционным, карстовым и аллювиальным материалом. Верхнечетвертичные и современные аллювиальные отложения характеризуются песчано-глинистой, песчано-илистой и песчаной фракциями. Делювиальные и аллювиальные отложения представлены русловым и пойменным материалом и прослеживаются в днищах долин водотоков основных рек Хатырхайского рудно-россыпного узла.

В тектоническом отношении исследуемая площадь расположена на северном склоне северо-западной части Алданского щита, на стыке Олекминского гранит-зеленокаменного и Центрально-Алданского гранулит-гнейсового блоков [11]. Тектоника исследуемой площади проявлена в виде трех основных структур – нижнедокембрийского фундамента, вендско-нижнекембрийского платформенного чехла и структур мезозойской тектономагматической активизации. К главным структурам фундамента относятся Амгинский разлом и Верхнеамгинская синклиналь. Магматические и ультраметаморфические образования представлены гранитоидным магматизмом позднего архея, дайками диабазов среднепалеозоя, щелочными и щелочно-земельными пластовыми интрузиями, а также дайками и лакколитами ультраосновных и кислых пород мезозойского возраста. Магматические образования мезозойского тектономагматического этапа локализованы в зоне Амгинского разлома, где широко наблюдается гидротер-

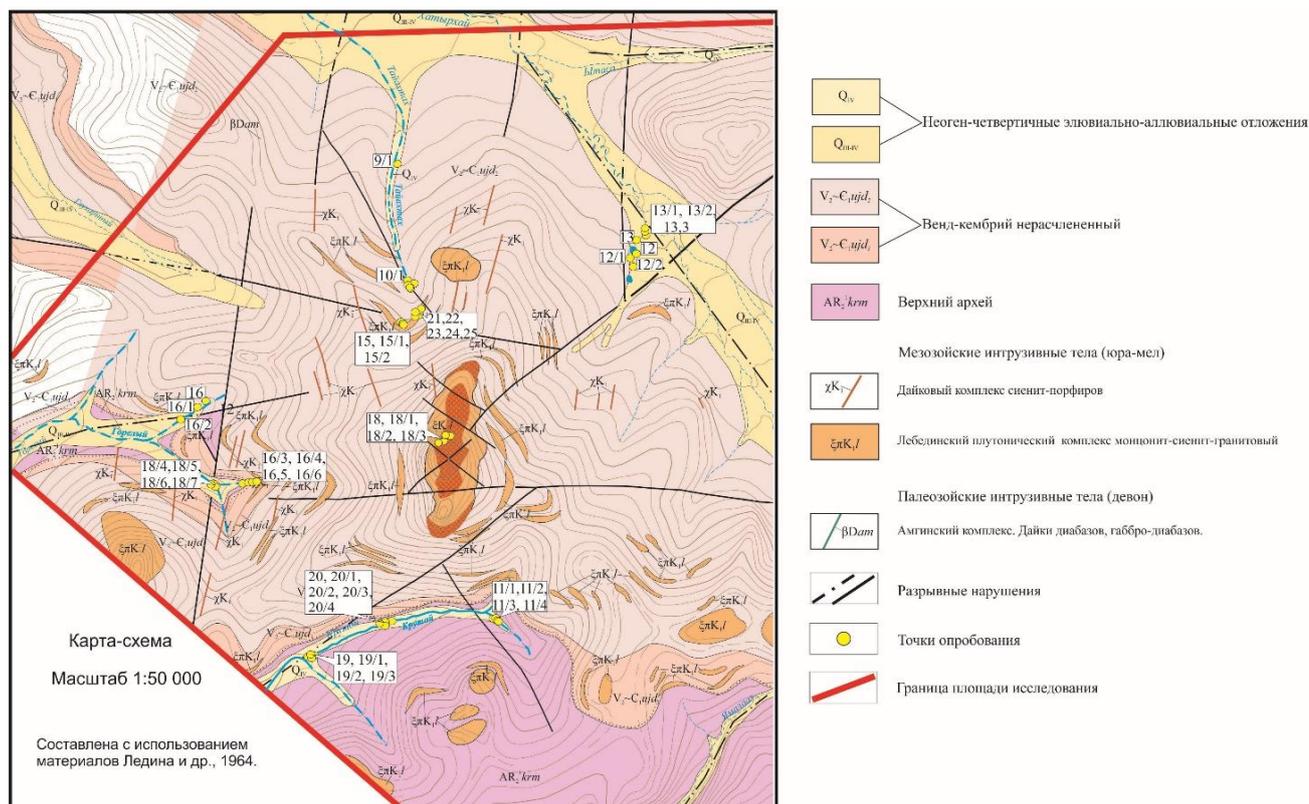


Рис. 1. Карта-схема распределения шлихового золота (Хатырхайский рудно-россыпной узел)

Fig. 1. Schematic map of alluvial gold distribution (Khatyrkhay ore-placer cluster)

мально-метасоматическое изменение пород, способствующее формированию рудной золотоносности.

На площади Хатырхайского рудно-россыпного узла выявлены многочисленные проявления различных типов рудной золотоносности, подобные золотым оруденениям Центрально-Алданского района [12–15]. Золоторудная минерализация проявлена в различных геологоструктурных обстановках и стратиграфических уровнях: в породах фундамента, в низах венд-кембрийского чехла, на контактовом уровне нижнекембрийских и юрских отложений, а также в мезозойских интрузивах. Золотое оруденение Хатырхайского рудного поля контролируется Амгинским разломом, фиксируется серией разрывных нарушений в кристаллическом фундаменте и платформенном чехле, которые являются рудоконтролирующими и рудо локализирующими структурами, сопровождающиеся кварцевой и сульфидной минерализацией, процессами березитизации со свободным золотом. Эти структуры наиболее благоприятны для проявления гидротермальной деятельности и образования золотого оруденения, что подтверждается наличием золотоносных окварцованных, гематитизированных, флюоритизированных пород в

экзоконтактах пластовых интрузий в пределах Хатырхайского рудного поля. Основная золотоносность Хатырхайского узла проявлена в щелочных и субщелочных магматических образованиях.

### Фактический материал

Изучены минералого-геохимические особенности россыпного золота Хатырхайского рудно-россыпного узла с целью выявления типов коренных источников в ручьях Таяхта, Горелый, Крутой [16].

**Морфология россыпного золота.** При изучении морфологии россыпного золота (табл. 1, рис. 2) Хатырхайского рудно-россыпного узла выявлено, что оно характеризуется следующим гранулометрическим составом – в основном фракциями 0,1–0,25 мм (50–70 %), 0,25–0,5 мм (20–30 %), единицы процентов составляет золото более крупных размеров (>1–4 мм). В россыпи руч. Таяхта, в отличие от шлихового золота ручьев Горелый и Крутой, преобладает мелкая фракция – 0,1–0,25 мм до 95 %, в количестве первых процентов присутствует золото размером 0,25–0,5 мм (2 %) и 0,5–2,0 мм (3 %). Золото в основном рудного облика и представлено слабоокатанными гемиидиоморфными, комковидными, пластинчатыми, реже идиоморфными

(единицы процентов) дендритовидными и кристаллическими индивидами. Поверхность золотин ямчато-бугорчатая, мелкоямчатая, почковидная, пупырчатая, иногда шагреновая. На поверхности некоторых золотин сохранились ограненные кристаллические отпечатки. Единичные золотины находятся в сростках с КППШ, кварцем, либо гидроксидами железа (гетит, гидротетит), вероятно образовавшихся в результате окисления сульфидов. Золото практически неокатанно, степень окатанности золотин варьирует от слабоокатанной до неокатанной, что составляет более 90 %. В углублениях слабоокатанных зерен наблюдаются бурые пленки гидроксидов железа темно-коричневого цвета и пелитовый материал. Следует отметить, что в среднем течении руч. Таяхта обнаружено преобладание весьма мелко пылевидного золота ( $-0,1$  мм), которое характеризуется совершенно неокатанными золотинами игольчатой, крючковатой и кристаллической формами светло-желтого (лимонного) цвета, что свидетельствует о поступлении тонкодисперсного золота из рудного источника, вероятно, золото-сульфидной формации.

Итак, изучение морфологии и гранулометрии россыпного золота Хатырхайского россыпного узла позволило выявить следующее. Обнаружение до 95 % золота мелкой фракции –  $0,1$  мм в русле руч. Таяхта дает основание предположить наличие близлежащего источника золото-сульфидной формации с тонкодисперсным золотом. Кроме этого, присутствие в ручьях Горелый и Крутой золотин с почковидной и пористой поверхностью, заполненной гидроксидами железа в углублениях, указывает о поступлении золота из зоны гипергенеза.

**Химический состав россыпного золота.** При площадном сканировании приполированных поперечных срезов золотин по данным микронзондового анализа установлено, что пробность россыпного золота ручьев Крутой, Таяхта и Горелый характеризуется гомогенным Au-Ag составом. В единичных золотилах руч. Крутой, как и в золоте руч. Таяхта, наблюдается слабая зональность, при которой содержание Au уменьшается от центра зерна к периферии от 94 до 88 %, а содержание Ag увеличивается от 6 до 12 %. Во всех россыпях в основном преобладает высокопробное золото ( $900-980$  ‰) – 80–90 %, наряду с которым присутствует среднепробное ( $800-899$  ‰) до 10–20 %. Пробность россыпного золота руч. Крутой изменяется от 810 до 980 ‰. В основном преобладает высокопробное золото (более 900 ‰) до 84 %, в подчиненном количестве присутствует среднепробное ( $810-899$  ‰) до 16 %. Пробность россыпного золота руч. Таяхта несколько ниже, чем в ручьях Горелый и

Крутой, и варьирует от 800 до 970 ‰, высокая (более 900 ‰) составляет 69 %, а средняя ( $800-899$  ‰) – 31 %. Обнаружено, что повышенное количество среднепробного золота ( $800-900$  ‰) отмечается только в руч. Таяхта и достигает 30 %, что свидетельствует о поступлении золота из дополнительного источника.

Атомно-эмиссионный спектральный анализ показал, что в россыпном золоте ручьев Горелый и Таяхта выявлен следующий комплекс элементов-примесей: Fe, Cu, Bi, Pb и Mn. Наблюдаются повышенные содержания примесей меди и железа до 0,01 % и 0,07 % соответственно (табл. 2). В золоте руч. Крутой установлен весь спектр определяемых элементов-примесей (по убыванию): Fe, Cu, Bi, Co, Pb, Ni, Sn, Pd, Sb, Pt, Mn, Zn и As. Следует отметить, что лишь в россыпном золоте руч. Крутой обнаружен комплекс элементов платиновой группы (ЭПГ) – Pt (0,033 %), Pd (0,037 %), а также Ni (0,004 %) и Co (0,043 %).

В целом, россыпное золото ручьев Крутой, Таяхта и Горелый в основном высокопробное, наряду с которым присутствует среднепробное (до 10–16 %) и характеризуется гомогенным Au-Ag составом. Обнаружение в россыпном золоте ЭПГ, а также повышенного содержания меди, железа и висмута указывает на золотоскарновый тип оруденения, широко проявленный по зонам экзоконтакта интрузива граносиенитов.

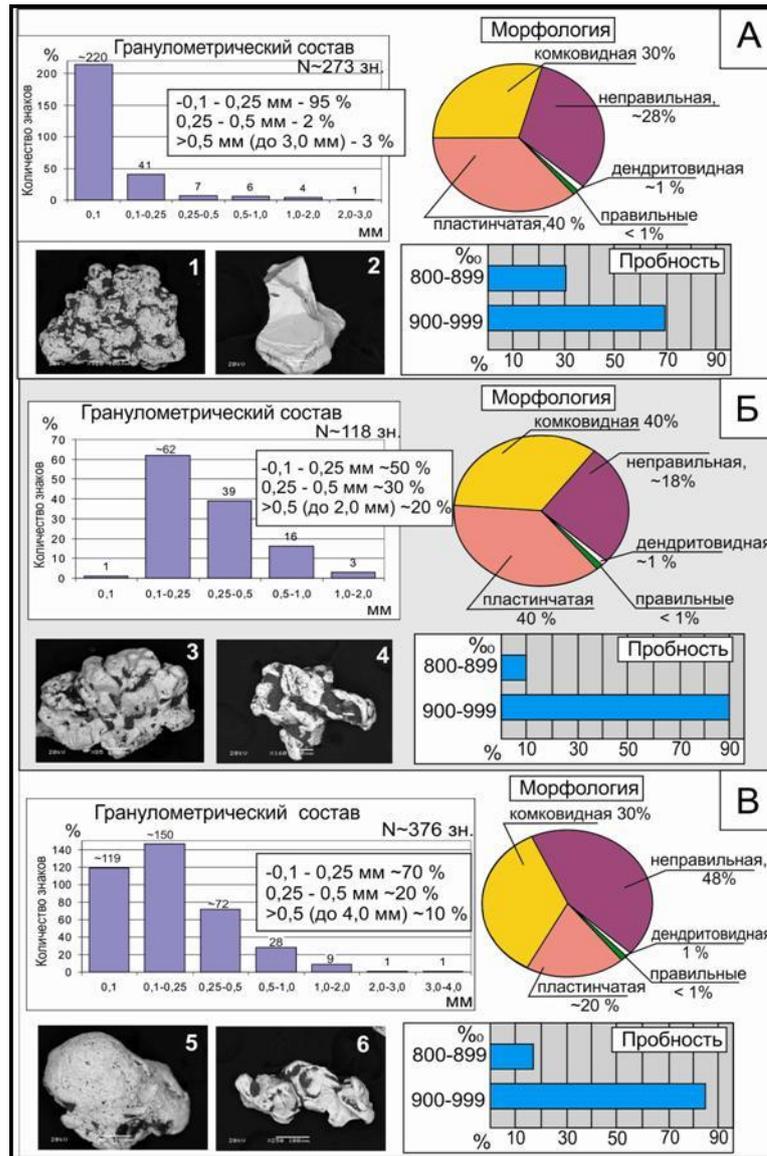
**Микровключения в россыпном золоте.** При исследовании включений в золоте ручьев Горелый, Крутой и Таяхта установлено, что минеральный состав микровключений однотипный (рис.3). Во всех россыпях в золоте преобладают рудные микронные включения теллуридов, представленные теллуrowисмутитом ( $Bi_2Te_3$ ), петцитом ( $Ag_3AuTe_2$ ), гесситом ( $Ag_2Te$ ), галеновисмутитом  $PbBi_2S_4$  и алтаитом  $PbTe$ . Характерной особенностью включений теллуридов в сечении матрицы золотин является их округлая и продолговато-вытянутая форма. Включения редкого минерала – теллурид свинца ( $PbTe$ ), а в единичных случаях – микровключения калаверита ( $AuTe_2$ ), обнаруженные в золоте ручьев Крутой и Таяхта. В золоте из сульфидов чаще всего встречаются микровключения галенита ( $PbS$ ), сфалерита ( $ZnS$ ), гринокита ( $CdS$ ) и переходная минеральная фаза сфалерит-гринокита ( $ZnCdS$ ), единичные включения халькопирита ( $CuFeS_2$ ) найдены только в золоте руч. Крутой. В некоторых золотилах установлены включения редкоземельных фосфатов – монацита ( $Ge, La, Nd$ )  $[PO_4]$  и ксенотима  $YPO_4$ . В руч. Таяхта отмечаются отдельные зерна золотин в виде сростков с гематитом, гематит-лимонитовым и кварц-гематит-лимонитовым агрегатами.

ТИПОМОРФИЗМ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА ХАТЫРХАЙСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА

Т а б л и ц а 1

Типоморфизм золота Хатырхайского россыпного узла  
Typomorphism of gold of Khatyrkhay placer cluster

Объекты, ручьи	Гранулометрия, мм	Морфология			Пробность, ‰ / %	Элементы-примеси, г/т	Микровключения	Внутреннее строение
		Форма	Степень окатанности	Поверхность				
Таяхта	-0,1-0,25 - 95 % 0,25-0,5 - 2 % 0,5-2,0 - 3 %	Гемиидиоморфная (неправильная), пластинчатая, комковидная, дендритовидная	Слабая, неокатанное	Мелкоямчатая, ямчато-бугорчатая, почковидная, ограниченные отпечатки	970-900 - 69 899-800 - 31	Fe - 2000 Pb - 450 Cu - 370 Mn - 18 Bi - 240	Сульфиды (галенит, сфалерит, переходные фазы гринокит-сфалерит), теллуриды (петцит, гессит, алтаит, калаверит, телуро-висмутит); кварц, КПШ, кальцит, Fe-алломосиликаты	Разнозернистое, монокристаллическое, грануляция и дезинтеграция, субграфическое срастание с рутилом, фрагменты неравномерной высокопробной оболочки
Горелый	-0,1-0,25 - 50 % 0,25-0,5 - 30 % >0,5 - 20 %	Гемиидиоморфная (неправильная), пластинчатая, комковидная, дендритовидная	Слабая, средняя, неокатанное	Мелкоямчатая, ямчато-бугорчатая, пупырчатая, шагреневая, почковидная, ямчатая	970-900 - 90 899-880 - 10	Fe - 730 Pb - 23 Cu - 980 Mn - 14 Bi - 100	Сульфиды (сфалерит, гринокит, переходные фазы гринокит-сфалерит), теллуриды (петцит, калаверит, теллуровисмутит), галеновисмутит; редкоземельные фосфаты (монацит, ксенотим); кварц, плагиоклаз, кальцит	Средне- и крупнозернистое, реже мелкозернистое; срастание золота разных фаз, грануляция, редкие фрагменты неравномерной высокопробной оболочки
Крутой	-0,1-0,25 - 70 % 0,25-0,5 - 20 % 0,5-4,0 - 10 %	Гемиидиоморфная (неправильная), комковидная, пластинчатая, дендритовидная	Слабая, средняя, неокатанное	Мелкоямчатая, ямчатая, шагреневая, почковидная, пупырчатая, ограниченные выступы	980-900 - 84 899-810 - 16	Fe - 1150 Sb - 350 Pt - 330 Pb - 420 Sn - 400 Cu - 830 As - 240 Mn - 320 Pd - 370 Co - 430 Ni - 410 Bi - 500	Теллуриды (гессит, петцит, алтаит), теллуровисмутиты; сульфиды (галенит, переходные фазы сфалерит-гринокит, халькопирит), редкоземельные фосфаты (монацит, ксенотим); кварц, кальцит	Крупно- и неравномернозернистое, с полигональным и криволинейным очертанием зерен, грануляция, дезинтеграция, редко эмульсионные структуры распада с высокопробными межзерновыми прожилками, неясная зональность, двухфазное срастание, иногда прерывистые высокопробные оболочки



**Рис. 2.** Морфология, гранулометрический состав и пробность россыпного золота по ручьям: А – Таяхтах; Б – Горельий; В – Крутой. Форма золотин: 1 – пластинчатая с мелкоямчатой поверхностью и пленками гидроокислов железа; 2 – с ограниченными кристаллическими выступами; 3 – комковидная с бугорчатой поверхностью; 4 – гемиидоморфная с ямчатой поверхностью; 5 – комковидная с шагреновой поверхностью; 6 – дендритовидная

**Fig. 2.** Morphology, granulometric composition and fineness of placer gold on the creeks: А – Tayakhtakh; В – Gorelyy; С – Krutoy. Shape of gold particles: 1 – tabular with micropitted surface and films of ferric hydroxides; 2 – with faceted crystal projections; 3 – clotted with lumpy surface; 4 – hemi-euhedral with pitted surface; 5 – clotted with shagreen surface; 6 – dendrite-like

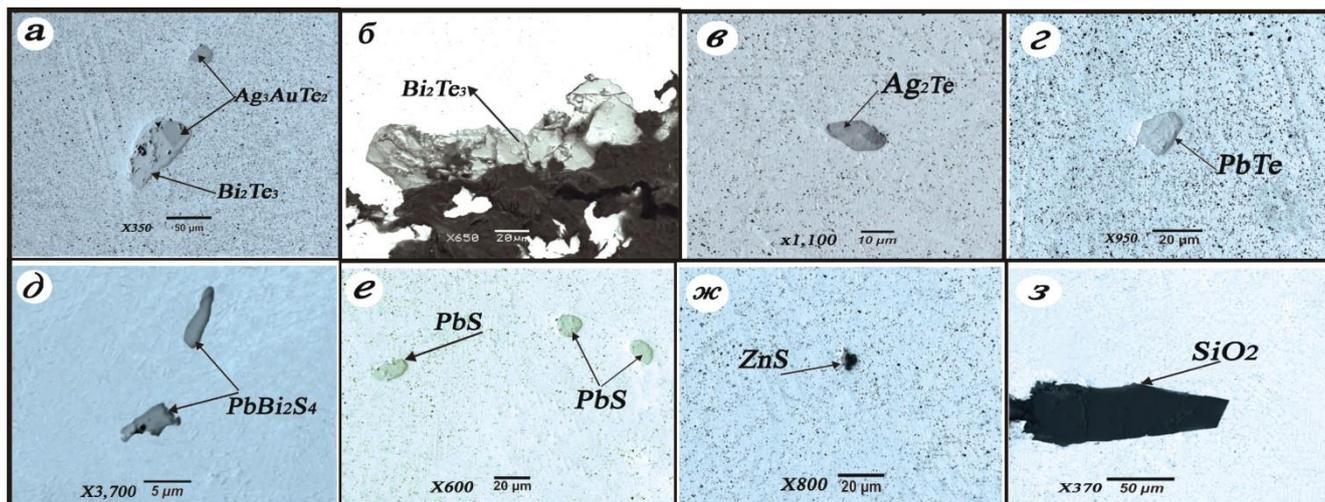
Т а б л и ц а 2

**Элементы-примеси в россыпном золоте Хатырхайского рудно-россыпного узла (спектрографическое определение, г/т)**

**Trace elements in placer gold of Khatyrkhay ore-placer cluster (spectrographic determination, g/t)**

Объект, ручьи	Fe	Sb	Pt	Pb	Sn	Cu	As	Mn	Pd	Co	Ni	Bi	Zn
Крутой	1150	350	330	420	400	830	240	320	370	430	410	500	290
Горельий	730	–	–	23	–	980	–	14	–	–	–	100	–
Таяхтах	2000	–	–	450	–	370	–	18	–	–	–	240	–

Примечание. Пределы определения (г/т): Fe – 20–1150; Sb–20–1080; Pt–20–550; Pd–12–560; Sn–12–550; Cu–6–9700; As–200–1100; Mn–6–970; Pd–6–520; Co–10–1150; Ni–12–560; Bi–6–570; Zn–90–1200. Аналитик С.Ю. Коркина, отдел физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН.



**Рис. 3.** Микровключения в россыпном золоте Хатырхайского узла: *a* – двухфазное идиоморфное обособление теллуробисмутита  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  (серый), петцита  $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$  (темно-серый) в самородном золоте; *b* – обособление теллуробисмутита  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  на границе срастания золота с гематитом (серое); *c* – идиоморфное обособление гессита  $\text{Ag}_2\text{Te}$  (темно-серые пятна с содержанием Hg 34 %); *d* – включение алтаита  $\text{PbTe}$  в самородном золоте; *e* – обособления галенита  $\text{PbS}$  в самородном золоте; *ж* – включение сфалерита  $\text{ZnS}$  в самородном золоте; *з* – крупное угловатое включение кварца  $\text{SiO}_2$  в самородном золоте

**Fig. 3.** Microinclusions in placer gold of the Khatyrkhay cluster: *a* – two-phase euhedral grain of tellurobismuthite  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  (grey), petzite  $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$  (dark-grey) in native gold; *b* – grain of tellurobismuthite  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  on boundary of intergrowth of gold and hematite (grey); *c* – euhedral grain of hessite  $\text{Ag}_2\text{Te}$  (dark-grey spots with content Hg 34%); *d* – inclusion of altaite  $\text{PbTe}$  in native gold; *e* – euhedral inclusions of sulfobismuthite of lead  $\text{PbBi}_2\text{S}_4$  in native gold; *f* – grains of galena  $\text{PbS}$  in native gold; *g* – inclusion of sphalerite  $\text{ZnS}$  in native gold; *h* – large angular inclusion of quartz  $\text{SiO}_2$  in native gold

Микровключения породообразующих минералов (кварц, КПШ, кальцит, Fe-алюмосиликаты) встречаются реже и обнаружены только в краевых частях золотин.

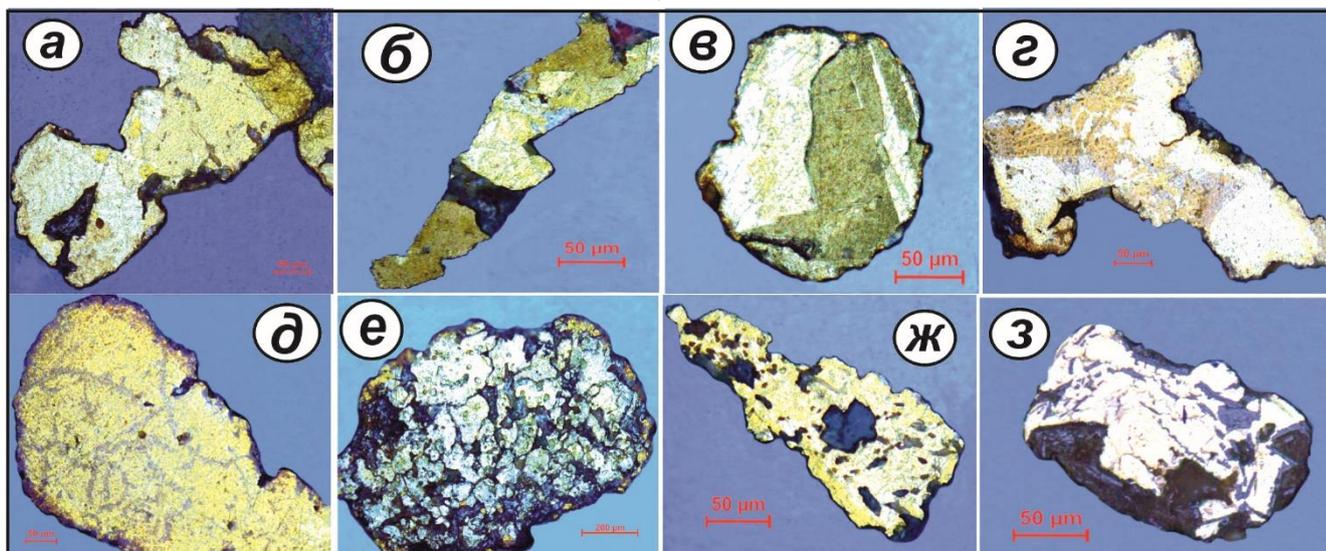
Выявленные микровключения в золоте Хатырхайского рудно-россыпного поля позволили установить широкий спектр как рудообразующих, так и породообразующих минералов, соответствующих минеральному составу рудных тел Хатырхайского рудного поля [13]. Микроминеральные включения в россыпном золоте ручьев Горелый, Крутой и Таяхта однотипны и представлены в основном теллуридами, сульфидами, иногда редкоземельными фосфатами. Обнаружение в шлиховом золоте минеральных микровключений теллуридов висмута и галеновисмутита, характерных для золотоскарновых месторождений, дает основание сделать вывод, что основными источниками россыпной золотонности Хатырхайского поля являются скарновые оруденения, приуроченные к зонам экзоконтактов монзонит-сиенитовых интрузивных тел с вмещающими карбонатными породами.

**Внутренние структуры в золоте.** В результате изучения внутренних структур россыпного золота ручьев Таяхта, Горелый, Крутой установлено, что оно в целом обладает схожим внутренним строением (рис. 4). Золото преимущественно средне- и крупнозернистое (рис. 4, а,

б), часто встречаются разномасштабные индивиды, как с полигональными, так и с изометричными границами зерен, характерными для самородного золота среднеглубинных месторождений (золотоскарновый тип). Зернистость в основном средняя, иногда отмечаются монокристаллические индивиды. В некоторых золотинах обнаружено срастание разнофазного золота близкого по пробности (рис. 4, в, з). Для среднепробного золота свойственны структуры грануляции и дезинтеграции с округлыми в плане формами зерен, выраженными в расширении межзерновых границ и обособлением в их пространстве более серебристой фазы (рис. 4, д, е). В высокопробном золоте наблюдаются структуры начальной грануляции, проявленной по краевым частям золотин.

Во внутренней структуре золота установлены сростки золота с кварцем, алюмосиликатами, гематит-лимонитовыми и кварц-гематитовыми агрегатами (рис. 4, ж). В золоте обнаружена структура субграфического срастания самородного золота с рутилом (рис. 4, з). По периферии единичных золотин отмечаются фрагменты неравномерной высокопробной (999 ‰) оболочки.

Средне- и крупнозернистое внутреннее строение характерно для самородного золота среднеглубинных месторождений. Выявление в среднепробном золоте структур полной грану-



**Рис. 4.** Внутренние структуры россыпного золота: *a* – крупнозернистая структура золота высокой пробы; *б* – разнотельная структура пластинчатого золота высокой пробы (930–980 ‰); *в* – сростание трех фаз золота близких по пробы (светло-желтое – 950 ‰, серо-желтое – 890 ‰, желтое – 999 ‰); *г* – полигональное сростание двух фаз самородного золота (светло-желтое – проба 900 ‰, темно-желтое – 999 ‰); *д* – грануляции высокопробного (970 ‰) золота с обособлением в межзерновых пространствах более серебристой фазы; *е* – грануляция и дезинтеграция среднепробного золота (830–890 ‰), в тесном сростании с кварцем (темно-серые бесформенные обособления). Агрегат представляет собой конгломератоподобное образование; *ж* – золото в сростании с множеством обособлений алюмосиликатов (голубовато-серое); *з* – субграфическое сростание самородного золота с обособлениями рутила, извилистые трещины по границам зерен – начальная стадия грануляции

**Fig. 4.** Inner structures of placer gold: *a* – coarse-grained structure of high-grade gold; *b* – structure of different grain size of tabular high-grade gold (930–980 ‰); *c* – intergrowth of three phases of gold similar in fineness (light-yellow – 950 ‰, grey-yellow – 890 ‰, yellow – 999 ‰); *d* – polygonal intergrowth of two phases of native gold (light-yellow - fineness 900 ‰, dark-yellow – 999 ‰); *e* – granulations of high-grade (970 ‰) gold with grains in intergranular spaces of more silver phase; *f* – granulation and disintegration of medium-grade gold (830–890 ‰), in loose intergrowth with quartz (dark-grey shapeless grains. Aggregate is conglomerate; *g* – gold in intergrowth with numerous grains of aluminosilicates (bluish-grey); *h* – subgraphic intergrowth of native gold with grains of rutile, convoluted fractures on boundaries of grains – initial stage of granulation

ляции, а также наличие структур дезинтеграции свидетельствуют о термальном метаморфизме. Обнаружение в высокопробном золоте структур частичной грануляции указывает на возникновение этих структур в результате влияния интра- и пострудных процессов. Наличие индивидов разнофазного золота, образованного в результате сростания близких по пробы фаз, указывает на совмещение на участке двух продуктивных разновременных минеральных ассоциаций. В россыпном золоте практически отсутствуют высокопробные оболочки и микропрожилки, что дает основание сделать вывод о непродолжительном пребывании золота в зоне гипергенеза.

### Заключение

Наличие тонкодисперсного золота (до 90 %) в россыпи Таяхта свидетельствует о его поступлении из коренных источников золотосульфидной формации. Присутствие золотин с почковидной и пористой поверхностью с тонкой фрагментарной высокопробной оболочкой указывает на непродолжительное пребывание россыпного золота в зоне гипергенеза. Обнаруже-

ние в золоте структур грануляции и дезинтеграции служит показателем влияния термального метаморфизма и интра- и пострудных процессов. Выявленные в золоте элементы платиновой группы, а также микровключения теллуридов висмута, галеновисмутита характерны для золотоскарновых оруденений, приуроченных к зонам экзоконтакта интрузива сиенитов. В целом, результаты изучения типоморфных особенностей россыпного золота Хатырхайского узла позволяют сделать вывод, что коренным источником россыпного поля является золотоскарновый тип оруденения (лебединский), проявленный в скарнированных породах и березитизированных гранитогнейсах.

### Литература

1. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Недра, 1973. 347 с.
2. Савва Н.Е., Преис В.К. Атлас самородного золота Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1990. 293 с.
3. Нестеренко Г.В. Прогноз золотого оруденения по россыпям. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1991. 190 с.

4. Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В. Атлас самородного золота рудных и россыпных месторождений России. М.: ЦНИГРИ, 2003. 184 с.

5. Giusti L. The morphology, mineralogy and behaviour of «fine-grained» gold from placer deposits of Alberta: Sampling and implications for mineral exploration // Canadian Jour. Eart Sci. 1986. V. 23. P. 1662–1672.

6. Самусиков В.П. Элементы-примеси в самородном золоте – критерии определения формационной принадлежности золоторудных месторождений // Докл. РАН. 2003. Т. 391, № 1. С. 99–103.

7. Никифорова З.С., Герасимов Б.Б., Глушкова Е.Г., Каженкина А.Г. Золотоносность востока Сибирской платформы: россыпи-коренные источники // Геология рудных месторождений. 2013. Т. 55, № 4. С.1–15.

8. Knight J.B., Mortensen J.K. and Morison S.R. Lode and placer gold composition in the Klondike district Yukon Territory, Canada, implications for the nature and genesis of Klondike placer and lode gold // Economic Geology 94 (1999). P. 649–664.

9. Chapman R.J., Leake R.C., Moles N.R., Earls G., Cooper C., Harrington K. and Berzins R. The application of microchemical analysis of gold grains to the understanding of complex local and regional gold mineralization: a case study in Ireland and Scotland // Economic Geology 95 (2000) (8). P. 1753–1773.

10. Chapman R.J., Mortensen J.K. Application of microchemical characterization of placer gold grains to exploration for epithermal gold mineralization in regions of poor exposure // Journal of Geochemical Exploration. 2006. V. 91, iss. 1–3. P. 1–26.

11. Соколов Е.П. Рудное золото Верхнеамгинского золотоносного района // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2015. С. 458–462.

12. Ветлужских В.Г., Казанский В.И., Кочетков А.Я., Яновский В.М. Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геология рудных месторождений. 2002. Т.44, № 6. С.467–499.

13. Терехов А.В., Молчанов А.В., Шатов В.В., Хорохорина Е.И., Соловьев О.Л. Типоморфизм самородного золота из кайнозойских отложений руч. Горелый и его связь с коренными источниками в пределах Верхнеамгинского рудно-россыпного узла (Южная Якутия) // Региональная геология и металлогения. 2016. № 65. С 93–103.

14. Анисимова Г.С. Минералого-геохимические особенности Хатырхайского рудного поля

Верхнеамгинской площади // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Материалы VII ВНК. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2017. Т. 1. С. 18–23.

15. Добровольская М.Г., Разин М.В., Прокофьев В.Ю. Золоторудное месторождение Лебединое (Центральный Алдан): минеральные парагенезисы, стадии и условия образования // Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58, № 4. С. 346–366.

16. Глушкова Е.Г., Никифорова З.С., Каженкина А.Г., Соколов Е.П. Россыпная золотоносность Хатырхайского узла // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2017. С 64–70.

### References

1. Petrovskaya N.V. Samorodnoe zoloto. Moscow: Nedra, 1973. 347 p.

2. Savva N.E., Prejs V.K. Atlas samorodnogo zolota Severo-Vostoka SSSR. Moscow: Nauka, 1990. 293 p.

3. Nesterenko G.V. Prognoz zolotogo orudeniya po rossypyam. Novosibirsk: Nauka, Sib. otdnie, 1991. 190 p.

4. Nikolaeva L.A., Gavrilov A.M., Nekrasova A.N., Yablokova S.V., Shatilova L.V. Atlas samorodnogo zolota rudnykh i rossypnykh mestorozhdenij Rossii. Moscow: TsNIGRI, 2003. 184 p.

5. Giusti L. The morphology, mineralogy and behaviour of «fine-grained» gold from placer deposits of Alberta: Sampling and implications for mineral exploration // Canadian Jour. Eart Sci. 1986. V. 23. P. 1662–1672.

6. Samusikov V.P. Elementy-primesi v samorodnom zolote – kriterii opredeleniya formatsionnoj prinadlezhnosti zolotorudnykh mestorozhdenij // Dokl. RAN. 2003. V. 391. № 1. P. 99–103.

7. Nikiforova Z.S., Gerasimov B.B., Glushkova E.G., Kazhenkina A.G. Zolotonosnost' vostoka Sibirskoj platformy: rossypi-korennye istochniki // Geologiya rudnykh mestorozhdenij. 2013. V. 55, № 4. P.1–15.

8. Knight J.B., Mortensen J.K. and Morison S.R. Lode and placer gold composition in the Klondike district Yukon Territory, Canada, implications for the nature and genesis of Klondike placer and lode gold // Economic Geology 94 (1999). P. 649–664.

9. Chapman R.J., Leake R.C., Moles N.R., Earls G., Cooper C., Harrington K. and Berzins R. The application of microchemical analysis of gold grains to the understanding of complex local and regional gold mineralization: a case study in Ireland and Scotland // Economic Geology 95 (2000) (8). P. 1753–1773.

10. *Chapman R.J., Mortensen J.K.* Application of microchemical characterization of placer gold grains to exploration for epithermal gold mineralization in regions of poor exposure // *Journal of Geochemical Exploration*. 2006. V. 91, iss. 1–3. P. 1–26.
11. *Sokolov E.P.* Rudnoe zoloto Verkhneamginskogo zolotonosnogo rajona // *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferentsii*. Yakutsk: Izdatel'skij dom SVFU. 2015. P. 458–462
12. *Vetluzhskikh V.G., Kazanskij V.I., Kochetkov A.Ya., Yanovskij V.M.* Zolotorudnye mestorozhdeniya Tsentral'nogo Aldana // *Geologiya rudnykh mestorozhdenij*. 2002. V.44, № 6. P. 467–499.
13. *Terekhov A.V., Molchanov A.V., Shatov V.V., Khorokhorina E.I., Solov'ev O.L.* Типоморфизм самородного золота из кайнозойских отложений р.ч. Горелья и его связ' с коренными источниками в пределах Verkhneamginskogo rudno-rossypnogo uzla (Yuzhnaya Yakutiya) // *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2016. № 65. P. 93–103.
14. *Anisimova G.S.* Mineralogo-geokhimicheskie osobennosti Khatyrkhajskogo rudnogo polya Verkhneamginskoy ploschadi // *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: Materialy VII VNPК*. Yakutsk: Izdatel'skij dom SVFU, 2017. V. 1. P. 18–23.
15. *Dobrovol'skaya M.G., Razin M.V., Prokof'ev V.Yu.* Zolotorudnoe mestorozhdenie Lebedinoe (Tsentral'nyj Aldan): mineral'nye paragenezisy, stadii i usloviya obrazovaniya // *Geologiya rudnykh mestorozhdenij*. 2016. V. 58, № 4. P. 346–366.
16. *Glushkova E.G., Nikiforova Z.S., Kazhenkina A.G., Sokolov E.P.* Rossypnaya zolotonosnost' Khatyrkhajskogo uzla // *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferentsii*. Yakutsk: Izdatel'skij dom SVFU. 2017. P. 64–70.

*Поступила в редакцию 25.05.2018*

#### *Об авторах*

НИКИФОРОВА Зинаида Степановна, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 39, <http://orcid.org/0000-0002-0027-7435>, [znikiforova@yandex.ru](mailto:znikiforova@yandex.ru);

КАЖЕНКИНА Анисья Гурьевна, младший научный сотрудник, Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 39, [asiak@rambler.ru](mailto:asiak@rambler.ru).

#### *About the Authors*

NIKIFOROVA Zinaida Stepanovna, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Research Scientist, Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, 39 Lenin Ave., Yakutsk, 677980, Russia, <http://orcid.org/0000-0002-0027-7435>, [znikiforova@yandex.ru](mailto:znikiforova@yandex.ru);

KAZHENKINA Anis'ya Gur'evna, Junior Researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, 39 Lenin Ave., Yakutsk, 677980, Russia, [asiak@rambler.ru](mailto:asiak@rambler.ru).