



ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОРОД И РУД

УДК 553.068.54+553.3.071 (234.851)

Минералого-геохимические особенности россыпного золота и минералов висмута в пределах Яроташорского кварцево-жильного золоторудного поля (Приполярный Урал). Прогноз коренного источника золота

Ефанова Л. И., Пархачева К. Г., Макеев Б. А.

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Аннотация. Обобщение результатов многолетнего изучения минералогии россыпного золота р. Няртаю, Хобею и их притоков позволило определить перспективы коренной золотоносности. В шлихах определены: самородное золото, микровключения самородного висмута, теллуриды и сульфотеллуриды висмута, а также мальдонит (Au_2Bi). Рассматриваются предполагаемые источники россыпного золота, образованные за счёт оруденелых пород докембрийского возраста и являющиеся ложем выявленных россыпей. Близость интрузии и связанные с ними метасоматические ореолы дают основание ожидать открытия оруденений магматогенно-гидротермального типа, поздневендско-раннекембрийского возраста, регенерированных в период позднепалеозойского коллизионного этапа. Полученные результаты исследований представляют не только научный, но и практический интерес, так как могут способствовать совершенствованию методики поисковых работ.

Ключевые слова: россыпное золото, шлик, минеральный тип, теллуриды и сульфотеллуриды висмута, золото-сульфидно-кварцевая формация, мальдонит, восточный склон Приполярного Урала.

Для цитирования: Ефанова Л. И., Пархачева К. Г., Макеев Б. А. Минералого-геохимические особенности россыпного золота и минералов висмута в пределах Яроташорского кварцево-жильного золоторудного поля (Приполярный Урал). Прогноз коренного источника золота. Руды и металлы. 2026. № 2. С. 70–90. DOI: 10.47765/0869-5997-2026-10010.

Mineralogical and geochemical features of alluvial gold and bismuth minerals from within the Yarotashor quartz-vein gold field (Subpolar Urals): Forecasting the primary gold source

Efanova L. I., Parkhacheva K. G., Makeev B. A.

Acad. N. P. Yushkin Institute of Geology, Komi Research Center, UB RAS, Syktyvkar, Russia

Annotation. Generalization of results of a long-term study of the placer gold mineralogy of the Nyartayu and Khobeyu rivers and their tributaries has made it possible to identify a primary gold-bearing potential of the area. The following minerals have been identified in the alluvial heavy mineral concentrate samples: native gold, native bismuth microinclusions, bismuth tellurides and sulfotellurides, and maldonite (Au_2Bi). Primary sources of the placer gold are considered to be represented by mineralized rocks of Precambrian age, that provide a bedrock for the identified placers. A proximity of intrusions and of their associated metasomatic halos gives reason to expect a discovery of magmatic-hydrothermal type mineralization of Late Vendian-Early Cambrian age, regenerated during the Late Paleozoic collisional stage. The obtained results of the research are of both scientific and practical interest, as they may contribute to development of prospecting technique improvement.

Keywords: placer gold, heavy mineral concentrate (HMC), mineral type, bismuth tellurides and sulfotellurides, gold-sulfide-quartz formation, maldonite, eastern slope of the Subpolar Urals.

For citation: Efanova L. I., Parkhacheva K. G., Makeev B. A. Mineralogical and geochemical features of alluvial gold and bismuth minerals from within the Yarotashor quartz-vein gold field (Subpolar Urals): Forecasting the primary gold source. Rudy i metally (Ores and metals). 2026. No. 2. pp. 70–90. DOI: 10.47765/0869-5997-2026-10010.



Введение

На Урале в условиях истощения сырьевой базы золота обостряется проблема обоснования перспективных площадей для постановки поисковых работ. В связи с этим представляет интерес ряд относительно слабо изученных золотоносных районов, одним из которых является восточный склон Приполярного Урала на территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области Берёзовского района. Здесь имеются месторождения россыпного золота на реках Няртаю (и её притоках – руч. Нестершор, Средний Яроташор) и Хобею (с её правыми притоками – руч. Яроташор, Золото-Шор). При этом коренной источник россыпей до сих пор не обнаружен.

Экономически район не освоен, населённые пункты и дорожная сеть отсутствуют. Единственная имеющаяся на площади насыпная дорога построена от посёлка Саранпауль до месторождения хрустала Неройка.

Многочисленные крупно- и среднемаштабные геолого-съёмочные работы, проведённые на указанной площади, проанализированы и обобщены в процессе издания листа Q-41-XXXI Госгеолкарты-200 первого поколения, впоследствии в 2023 г. переизданного [4, 5].

В бассейнах рр. Хальмерью, Няртаю и Хобею в 1988–1996 гг. установлены и оценены аллювиально-долинные золотые россыпи (Гетьман Д. С. и др. Отчёт о результатах поисково-оценочных работ и предварительной разведки россыпей золота в бассейне верхнего течения р. Хальмерью. Филиал по Тюменской области ФГУ «ТФГИ по УФО», 1995). Буровыми работами уточнены мощности рыхлых отложений, распределение металла и горнотехнические условия эксплуатации. Кондиционные содержания золота колеблются от 318 до 1070 мг/м³.

В 1998–2004 гг. проведены работы на рудное золото на Яроташорской площади комплексом поисковых методов с бурением скважин и проходкой горных выработок (Комарицкий С. И., Красностанов С. Е. и др. Отчёт «Поисковые работы на рудное золото на Яроташорской площади в 1998–2004 гг.». Филиал по Ханты-Мансийскому АО ФГУ «ТФГИ

по УФО», 2004). В результате работ выделены перспективные зоны на выявление золоторудных объектов золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой рудных формаций, определены участки для постановки оценочных работ.

В россыпях исследуемой территории наряду с золотом ранее установлены сульфотеллуриды и теллуриды висмута, самородный висмут и серебро [9, 24]. Богатые теллуридами месторождения золота представляют собой отдельный генетический тип месторождений – золото-теллуридный. Теллуриды очень чувствительны к изменению физико-химических параметров гидротермальной системы кристаллизации и являются ценными минералогено-генетическими маркерами, что позволяет определить предполагаемые источники формирования россыпей. Целью исследований является изучение минералогии россыпного золота, серебра и Bi-Te минералов.

Геологическое строение

Стратиграфия. Долины р. Няртаю и Хобею врезаны в коренные породы нижнего и среднего рифея, сложенные метаморфическими сланцами и карбонатсодержащими породами (рис. 1). Стратифицированные верхнепротерозойские образования относятся к Хобеизско-Маньхамбовской подзоне Ляпинской структурно-формационной зоны (СФЗ) и представлены (снизу вверх): няртинской (RF_{1nr}), маньхобеинской (RF_{2mh}), щокурьюинской (RF_{2šk}), пуйвинской (RF_{2pv}), хобеинской (RF_{3hb}) и мороинской (RF_{3mr}) свитами [4, 5].

Няртинская свита (RF_{1nr}) слагает ядро Хобеизской антиформы Ляпинского антиклинория и ядро Няртинской термальнo-купольной структуры. Опрокинутая антиклинальная складка имеет падения крыльев на северо-запад под углами 20–30°. В составе свиты распространены гранат-мусковит-биотитовые гнейсы с пластами гранатовых амфиболитов и кристаллических сланцев с маломощными прослоями мраморов.

Маньхобеинская свита (RF_{2mh}) обрамляет ядро Хобеизской антиформы, со стратиграфическим несогласием перекрывая няртинские

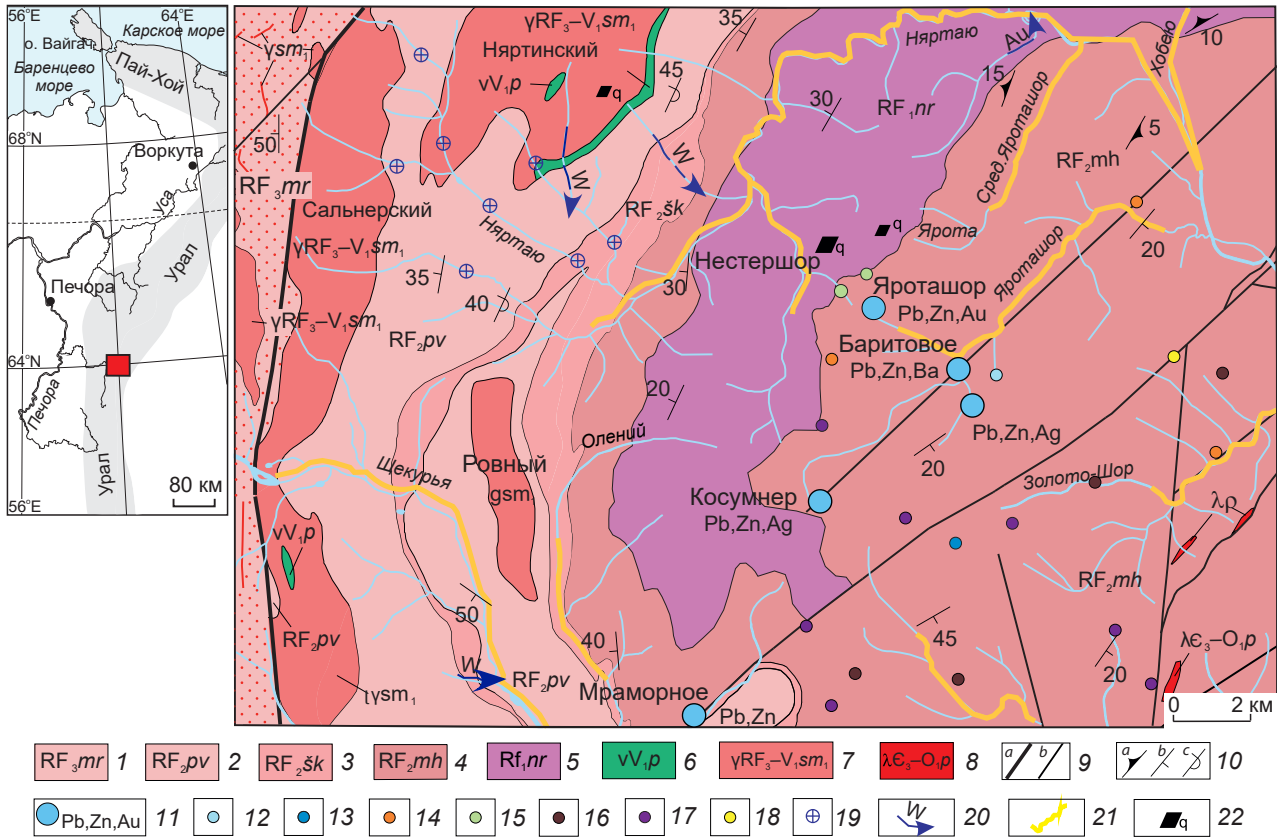
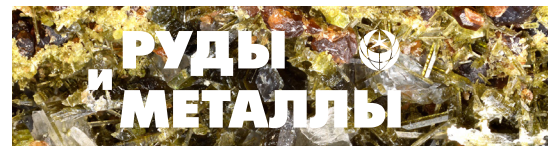


Рис. 1. Схема геологического строения истоков р. Няртаю по [4, 5] с изменениями:

1–5 – рифейские породы: 1 – мороинская свита: сланцы углеродистые кварц-хлорит-серицитовые, реже песчаники известковистые и доломиты, 2 – пуйвинская свита: сланцы гранатосодержащие углеродистые хлорит-слюдисто-альбит-кварцевые, известняки мраморизованные и доломитизированные, 3 – щокуринская свита: слюдистые мраморы и доломиты, сланцы слюдисто-хлорит-альбит-кварцевые с прослоями ортосланцев основного–среднего состава, 4 – маньхобейнская свита: гнейсы лейкократовые, кварцито-гнейсы, кристаллосланцы мусковит-кварц-полевошпатовые, в основании – метакогломераты, метагравелиты, 5 – няртинская свита: гнейсы гранат-двуслюдяные альбитовые, кристаллосланцы слюдисто-альбит-кварцевые, амфиболиты; 6–8 – интрузивные образования: 6 – парнукский комплекс диорит-габбровый гипабиссальный, 7 – сальнерско-маньхамбовский комплекс гранит-лейкогранитовый плутонический, 8 – пожемский комплекс риолитовый гипабиссальный; 9 – разрывные нарушения (разломы): *a* – главные, *b* – второстепенные; 10 – элементы залегания: *a* – наклонное залегание слоистости, *b* – метаморфической полосчатости, *c* – опрокинутое залегание слоистости; 11 – свинцово-цинковые проявления; 12–18 – пункты минерализации: 12 – цинка, 13 – свинца, 14 – золота, 15 – меди, 16 – марганца, 17 – редкоземельно-редкометалльные, 18 – молибдена; 19 – шлиховые пробы с шеелитом; 20 – шлиховые потоки шеелита; 21 – золотоносные россыпи; 22 – проявления и пункты минерализации хрустала и жильного кварца

Fig. 1. Schematic geological map of the Nyartayu River sources area, modified after [4, 5]:

1–5 – Riphean rocks: 1 – Maron'yu Formation: carbonaceous quartz-chlorite-sericite schists, less often calcareous sandstones and dolomites; 2 – Puiva Formation: garnet-containing carbonaceous chlorite-mica-albite-quartz schists, marbleized and dolomitized limestones; 3 – Shchokuriya Formation: micaceous marbles and dolomites, mica-chlorite-albite-quartz schists with interlayers of basic to intermediate orthoschists; 4 – Man'khambo Formation: leucocratic gneisses, quartzite-gneisses, muscovite-quartz-feldspar crystalline schists with metaconglomerates and metagavelites in the basement; 5 – Nyarta Formation: garnet-two-mica-albite gneisses, mica-albite-quartz crystalline schists, amphibolites; 6–8 – intrusive formations: 6 – Parnuk Intrusive Suite: diorite-gabbro, hypabyssal, 7 – Salner-Man'khambo Intrusive Suite: granite-leucogranite, plutonic, 8 – Pozhemayu Complex: rhyolite, hypabyssal; 9 – faults: *a* – main, *b* – secondary; 10 – bedding attitudes: *a* – inclined bedding, *b* – metamorphic banding, *c* – overturned bedding; 11 – lead-zinc occurrences; 12–18 – mineralization points: 12 – zinc, 13 – lead, 14 – gold, 15 – copper, 16 – manganese, 17 – rare earth – rare metal, 18 – molybdenum; 19 – alluvial heavy mineral concentrate samples with scheelite; 20 – alluvial heavy mineral concentrate flows of scheelite; 21 – gold-bearing placers; 22 – occurrences and mineralization points of crystal and vein quartz



образования. Граница свиты проводится по подошве базальных метаконгломератов, аркозовых метагравелитов и гравелитистых кварцитопесчаников (Цымбалюк А. В., Ефанова Л. И. Изучение стратиграфии докембрийских и кембрийских отложений Ляпинского Урала и оценка перспектив рудоносности древних карбонатных толщ. Воркута, 1979 // ГБУ РК «ТФИ РК», Комигеолфонд, № 5127). Выше по разрезу залегают лейкократовые гнейсы, кварцитогнейсы, а также мусковит-кварц-полевошпатовые кристаллосланцы.

Щокурьинская свита ($RF_2šk$) картируется в пределах западного крыла Хобеизской антиформы. В разрезе по р. Няртаю в составе свиты присутствуют хлорит-мусковит-альбит-кварцевые сланцы с прослоями слюдистых и песчаных мраморов, изредка с пиритом.

Пуйвинская свита (RF_2pv) слагает западное крыло Хобеизской антиформы, падая преимущественно на запад под углами от 30° до 65° . В обнажениях по бортам реки Няртаю низы разреза представлены хлорит-мусковит-альбит-кварцевыми сланцами с прослоями слабо слюдистых кварцитопесчаников и чёрных углеродистых сланцев с единичными пластинами ортосланцев основного состава.

На представленной геологической карте (рис. 1) стратифицируемые отложения верхнего рифея отсутствуют.

Метаморфизм. Метаморфизм пород обусловлен формированием няртинской термально-купольной структуры, одновременной со становлением тел гранитов сальнерско-маньхамбовского комплекса [4, 5]. Породы няртинской свиты метаморфизованы в эпидот-амфиболитовой фации, метаморфизм отложений маньхобеинской и щокурьинской свит соответствует высокотемпературной хлорит-эпидот-биотитовой субфации, а пуйвинской свиты – эпидот-мусковит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма.

Магматизм. Среди интрузивных образований выделяется *парнукский гипабиссальный диорит-габбровый* (vV_{1p}) комплекс, представленный небольшими дайкообразными телами диоритов, кварцевых диоритов, габбро.

Металлогеническая специализация не выяснена. Возраст комплекса определяется по геологическим данным: воздействием на основные породы гранитоидов второй фазы сальнерско-маньхамбовского комплекса (vV_2-Csm_2).

М. В. Фишманом и Б. А. Голдиным выделен гранит-гранодиоритовый комплекс, с 1968 г. упоминающийся как *сальнерско-маньхамбовский*. В настоящее время почти для всех крупных гранитных массивов территории получены U-Pb циркононовые датировки [14]. По результатам датирования, диапазон формирования пород охватывал интервал от конца позднего рифея до позднего кембрия. Проматриваемые два возрастных максимума на уровне 600–630 и 500–540 млн лет свидетельствуют о существовании двух самостоятельных пиков магматической активности, которым соответствуют первая и вторая фазы в развитии сальнерско-маньхамбовского комплекса. Первая фаза ($vRF_3-V_1sm_1$) представлена гранитами, гранит-порфирами, гранодиоритами, плагиогранитами, лейкогранитами нормального и умеренно-щелочного рядов, возраст которых находится в диапазоне 600–630 млн лет [14]. Вторая фаза (vV_2-Csm_2) включает граниты, гранит-порфиры и лейкограниты нормальной и повышенной щёлочности, сформировавшиеся в интервале 500–540 млн лет.

На площади работ выходят на поверхность три гранитных массива, образование которых произошло во вторую фазу развития сальнерско-маньхамбовского комплекса. *Сальнерский массив* вытянут согласно простиранию вмещающих пород. Длина массива около 40 км, ширина – от 50 м до 2 км. Границы массива извилистые, а в области эндоконтакта присутствуют многообразные ксенолиты вмещающих пород длиной до 2–3 км при ширине 250–400 м. Основная часть массива сложена огнейсованными порфировидными биотитовыми гранитами, только в междуречье Няртаю и Щекурьи развиты более равномернзернистые, среднезернистые, малослюдистые граниты. Биотитовые граниты представлены двумя петрографическими разностями – плагиогранитами и микроклин-пертитовыми гранитами – и характеризуются калиево-натриевым типом



щёлочности, относятся к весьма высокоглинозёмистым. *Няртинский* и *Ровный массивы* представляют собой гранитные тела, вытянутые с севера на юг. Няртинский массив имеет длину 8–9 км при ширине 4–5 км, Ровный – 6 км при ширине 1 км. Массивы сложены преимущественно биотитовыми и двуслюдяными среднезернистыми гранитами с гнейсовидной текстурой.

Тектоника. На местности картируются зоны разрывов, которые нередко сопровождаются заболоченностью. Распознаются по наличию сильно рассланцованных перетёртых, брекчированных и смятых пород, по проявлению окварцевания в виде жил и прожилков молочно-белого кварца. В большинстве же случаев разрывы картируются по линейам в физических полях и космофотоизображениях, а также на основании общегеологических построений.

Полезные ископаемые. Территория входит в состав Ляпинской редкометалльно-вольфрамово-золоторудной хрусталеносной минерагенической зоны, среди которой выделен Яроташорский Au-Pb-Zn рудный кварцево-жильный узел с рудопроявлениями Яроташор, Баритовое, Косумнер, а также многочисленные пункты минерализации (рис. 1). Все проявления приурочены к зонам рассланцевания в породах маньхобеинской свиты [4].

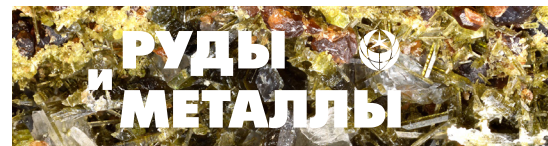
Полиметаллические проявления *Яроташор* и *Косумнерское* представляют собой протяжённые на 3–4,5 км минерализованные зоны субмеридионального простирания, развитые согласно полосчатости вмещающих обохренных сланцев. Падение зон северо-западное под углами 25–45°. В пределах зон развиты линзы (пласты?) мощностью 1–5 м с вкрапленностью пирита, сфалерита, галенита и халькопирита. На Косумнерском проявлении полиметаллическое оруденение сопровождается развитием кварцевых жил и прожилков. Вкрапленный галенит и сфалерит локализуются преимущественно на контактах с жилами, в которых иногда присутствуют гнёзда галенита. Содержание Zn варьирует от 0,01 до 4,7 % (достигая 18,8 %), Cu – от 0,001 до 1 %, Pb – от 0,001 до 8,7 %. Содержание Au в среднем составляет 0,2–0,34 г/т, в единичных

случаях возрастая до 2 г/т, Ag – 1,5–100 г/т. Отмечаются повышенные содержания Bi – 0,6 %, Cd – 0,002 %, Mo – 0,003 %.

Проявление *Баритовое* представлено залегающими среди слюдисто-альбит-кварцевых сланцев линзовидными телами барит-кварцевого состава с вкрапленностью сульфидов. В жилах развиты сфалерит и галенит, в меньшем количестве – пирит, магнетит и ильменит. Видимая мощность зоны барит-полиметаллического оруденения не менее 25 м, протяжённость 250–300 м. Содержания полезных компонентов: Zn – 0,07–7,95 %, Pb – 0,03–1,49 %, Cu – 0,02 %, Ba – 0,1–34,84 %, Sr – 0,02–0,39 %, Au – до 0,8 г/т, Ag – до 23,4 г/т, Cd – 0,01 %, Mo – 0,02 %.

Интерес представляет карбонатная стратиформная свинцово-цинковая минерализация на рудопроявлении *Мраморное (Щокурьинское)*. Вмещающие породы сложены слюдистыми мраморами с прослоями битуминозных разностей и слюдисто-хлорит-карбонатных сланцев щокурьинской свиты. Рудоносный горизонт мощностью около 1 м сложен вкрапленностью сульфидов, содержание которых достигает 10 %. Главные рудные минералы: галенит, сфалерит, пирит и халькопирит. Второстепенные минералы представлены пирротинном, ильменитом, апатитом, баритом, редкими частицами золота. Слоистые вкрапленные руды содержат секущие прожилки кальцита мощностью до 2–3 см с гнёздами крупнокристаллического галенита, сфалерита и халькопирита. В слоистых рудах сфалерит представлен клейофаном, в прожилках – марматитом. По данным штучного опробования, содержания Pb составляют 1,2–2 %, Zn – 0,56–2,09 %, Cu – не превышают 0,022 %. Присутствуют Ba, Mn, As, Ag. Оруденение признано бесперспективным.

В границах Яроташорского Au-Pb-Zn рудного кварцево-жильного узла располагается Нестершорское поле, вмещающее малое месторождение жильного кварца Нестершор и хрусталепроявление Ярота (рис. 1). С точки зрения изучения золотоносности такие месторождения не рассматриваются. Но в последнее время на Среднем и Южном Урале месторождения Кочкарское, Берёзовское, Светлинское



и другие рассматриваются как комплексные месторождения с отработкой как золоторудных участков, так и жильного кварца, горного хрусталя, камнесамоцветного сырья. На месторождении *Нестершор* кварцевые жилы локализируются в интенсивно дислоцированных сланцах. Кварц может использоваться как оптическое сырьё для плавки.

Из приведённого описания следует, что важную роль при формировании полиметаллического оруденения играл литологический фактор, поскольку наиболее благоприятные условия для рудоотложения создаются при наличии тектонических контактов хрупких и пластичных пород. При этом кварцево-жильные и прожилковые минерализованные зоны, как правило, локализируются в более компетентных разностях.

Несмотря на достаточно большое количество россыпей, шлиховых потоков золота, установленных на территории, собственно золоторудные коренные объекты отсутствуют, представляя собой лишь отдельные пункты минерализации с признаками золотого оруденения, в которых весовые и повышенные содержания золота установлены в единичных пробах. В пределах вышеописанных полиметаллических проявлений встречено несколько разрозненных пунктов золотой минерализации, которую можно отнести к золото-кварцевому малосульфидному формационному типу. Также золото обнаружено на площади месторождения жильного кварца *Нестершор* в участках ожелезнения с вкрапленностью мелкозернистого пирита. В стекловидном кварце определены содержания Au, колеблющиеся от 0,91 до 7,03 г/т. Интерес также представляют двуслюдяные окварцованные гнейсы маньхобеинской свиты, где установлены повышенные содержания золота (до 0,7 г/т) и серебра (0,8 г/т).

Материал и методы исследований

Автору была предоставлена для исследования немагнитная (освобождённая от магнетита) фракция шлихового концентрата из аллювиальных отложений месторождений россыпного золота *Няртаю* и *Хобею* и их при-

токов. Исследования частиц золота и сопутствующих минералов, полученных из шлихов, включали анализ морфологии, окатанности, уплощённости, наличия сростков золота с другими минералами, характера поверхности, химического состава и внутреннего строения. Состав минералов определялся под оптическим микроскопом, сканирующим электронным микроскопом JSM 6400 с волновым спектрометром Microspec WDS-3 PC (аналитик В. Н. Филиппов) и KYKY-EM6900 с использованием приставки 3D Xplore фирмы Oxford Instruments, напряжение 20 кВ, вакуум 6×10^{-4} Па, диаметр пучка 2 мкм, 600 000 импульсов (аналитик В. А. Радаев). Эталоны – чистые металлы, неметаллы для Au, Ag, Bi и Se, FeS₂ для S (JSM 6400 – PbS для S), PbTe для Pb и Te. Использовались стандартные рентгеновские линии для определения элементов. Погрешность определения 2σ.

Результаты исследования тяжёлой фракции россыпи *Няртаю* и *Хобею*

Основные минералы чёрных шлихов в аллювии указанных рек: гранат – 52 %, ильменит – 35 %, эпидот – 8 %, амфибол – 2 %, магнетит – 2 %. Значительно реже встречаются: пирит, циркон, апатит, рутил, сфен, самородный висмут, серебро, золото, турмалин. Сульфидные минералы менее распространены, и их суммарное количество не превышает первых процентов. В аллювии водотоков, дренирующих граниты, установлены многочисленные шлиховые потоки шеелита. В некоторых из них вместе с шеелитом присутствуют церуссит, касситерит, арсенопирит, халькопирит, единичные знаки молибденита.

Самородное серебро имеет серый цвет, комковатую, слегка уплощённо-вытянутую форму. Встречаются как почти неокатанные мелкие частицы, так и самородки, достигающие размера 2–2,5 см. Поверхность у самородков ямчато-бугорчатая, неровная (рис. 2, а, б). В большинстве случаев это чистое серебро, что не исключает наличия минеральных включений. По данным [9], в россыпи р. *Хобею* почти во всех изученных частицах серебра обнаруживаются включения золота размером

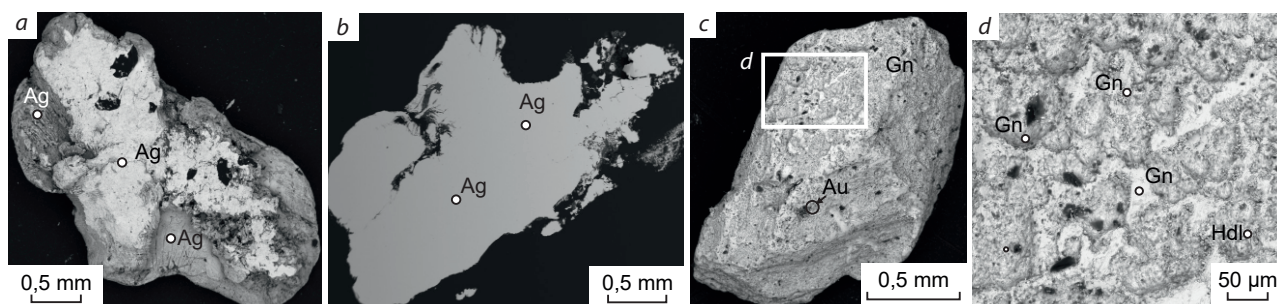


Рис. 2. Зёрна самородного серебра (a, b) и галенита (c, d):

a – слабо окатанное зерно серебра (Ag) с ямчато-бугорчатой поверхностью; b – однородное внутреннее строение серебра с кавернами, выполненными мусковитом и хлоритом; c – слабо окатанное зерно галенита (Gn) с ячеистой поверхностью и включениями самородного золота (Au); d – включения хедлейита (Hdl) на увеличенном фрагменте поверхности

Fig. 2. Grains of native silver (a, b) and galena (c, d):

a – weakly rounded silver (Ag) grain with a pitted-tuberous surface; b – homogeneous internal structure of silver with cavities filled with muscovite and chlorite; c – weakly rounded galena (Gn) grain with a cellular surface and inclusions of native gold (Au); d – inclusions of hadleyite (Hdl) on an enlarged fragment of the surface

0,5–1 мкм, наблюдаемые в срезах и на поверхности самородков. Кроме того, в серебре присутствуют точно не диагностированные минеральные фазы, приблизительно соответствующие составам BiTeS и Bi_3TeS . В срезах зёрен серебра встречаются микровключения самородного висмута игольчатой формы размером $1,5 \times 0,1$ мкм. Нередко наблюдаются глубокие каверны, выполненные мусковитом и хлоритом, а на поверхности зерна отмечаются включения галенита и минералов группы тетрадимита.

Галенит. В шлиховых пробах р. Няртау обнаружено большое количество галенита, представленного крупными (до 1,5 мм) зёрнами с хорошо выраженными сколами по спайности (рис. 3, c, d). Состав галенита заключён в пределах $\text{Pb}_{1,03-1,05}\text{S}_{0,95-0,97}$. В отдельных случаях в качестве примеси в галените устанавливаются Bi (до 4,5 масс. %), Te, As. Единичные микровключения представлены самородным золотом и серебром, хедлейитом. Золото весьма высокопробное (985–997 масс. %), в его составе присутствует примесь Cu 1,06–1,33 масс. %.

Минералы Bi и Te. Среди теллуридов и сульфотеллуридов отмечается большое разнообразие минералов группы тетрадимита (ри-

сунки 3, 4; табл. 1). Один из наиболее распространённых – хедлейит (Bi_7Te_3), редко встречается цумоит (BiTe). Сульфотеллуриды представлены жозеитом-А и жозеитом-В (Bi_4TeS_2), тетрадимитом ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$). Козалит ($\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$) из класса сульфосолей сопутствует минералам висмута и свинца, считается достаточно редким.

Хедлейит (Bi_7Te_3) образует собственные и полиминеральные сростания с минералами Au, Bi и Te. Встречен в россыпях в виде удлинённых зёрен размером до 2 мм (рис. 5). Формирует гнёзда размером до 1 мм (рис. 3, a, c, f), а также сростки с симплектитовыми сростаниями золота и висмута. Известно, что Te в значительной мере может замещаться Se, а Bi – Sb и Pb [20]. Помимо основных компонентов в хедлейите изредка отмечаются Se (до 0,2 масс. %) и Pb (до 2,5 масс. %).

Жозеит-А и жозеит-В ($\text{Bi}_4\text{Te}_2\text{S}$) – сульфотеллуриды висмута, образуют неправильные по форме выделения размером до 0,4 мм (рис. 3, e). Для них характерны сростания друг с другом без наличия взаимных переходов между собой, оба окружены самородным висмутом. Кроме того, реликтовые зёрна жозеита-А и жозеита-В обнаружены в сростании с золото-висмутовым симплектитом

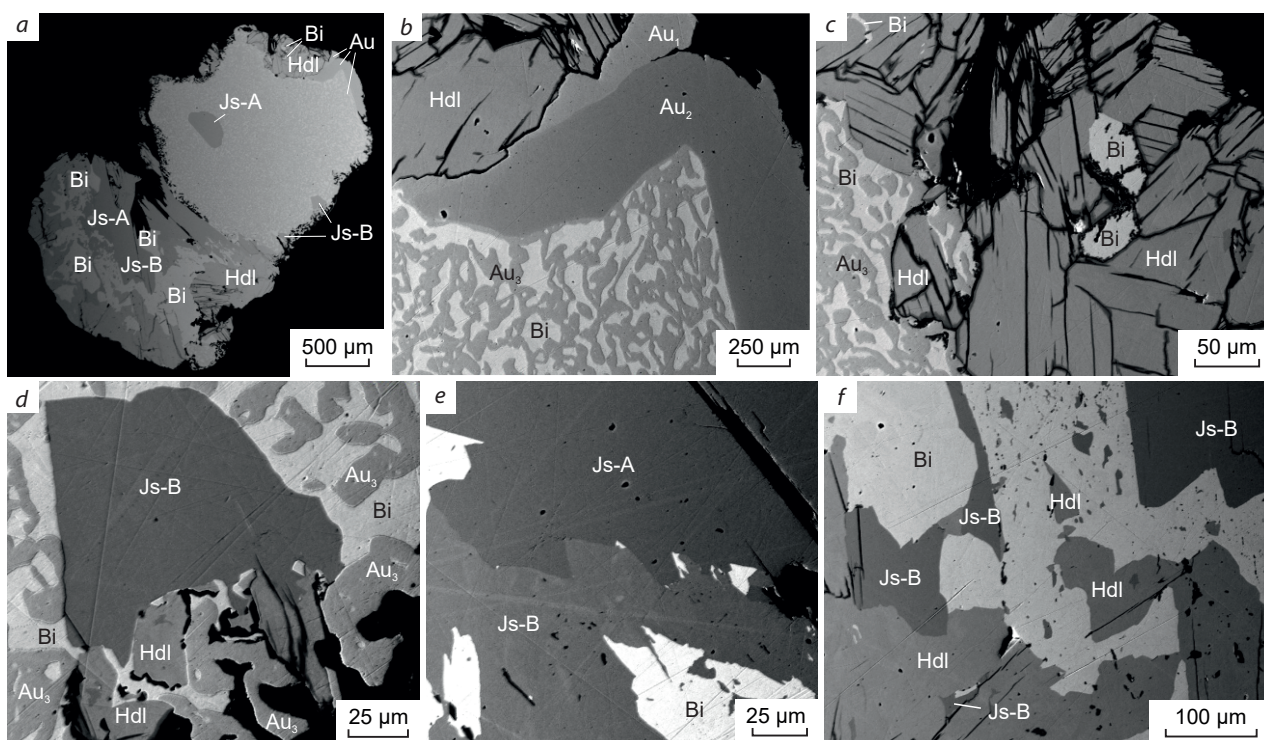


Рис. 3. Срастания минералов Au, Bi и Te: общий вид внутреннего строения минерального агрегата (a) и детали его строения (b–f):

a – самородный висмут с жозеитом-В, жозеитом-А и хедлейитом в срастании с золото-висмутовым симплектитом; b – симплектитовые срастания золота (Au_3) и висмута окружены полосами золота Au_2 и Au_1 ; c – хедлейит в срастании с самородным висмутом и золото-висмутовым симплектитом; d – зерно жозеита-В среди золото-висмутового симплектита; e – контакт жозеита-В и жозеита-А; f – срастания самородного висмута с жозеитом-В и хедлейитом. Генерации золота: Au_1 – первая, Au_2 – вторая, Au_3 – третья; Bi – самородный висмут, HdI – хедлейит, Js-A – жозеит-А, Js-B – жозеит-В. Изображения сняты в режиме обратно рассеянных электронов

Fig. 3. Intergrowths of Au, Bi, and Te minerals: general view of the internal structure of the mineral aggregate (a) and details of its structure (b–f):

a – native bismuth with joesite-B, joesite-A, and hadleyite intergrown with gold-bismuth symplectite; b – symplectite intergrowths of gold (Au_3) and bismuth are surrounded by Au_2 and Au_1 gold bands; c – hadleyite intergrowth with native bismuth and gold-bismuth symplectite; d – joesite-B grain among gold-bismuth symplectite; e – contact of joesite-B and joesite-A; f – intergrowths of native bismuth with joesite-B and hadleyite. Gold generations: Au_1 – first, Au_2 – second, Au_3 – third; Bi – native bismuth, HdI – hadleyite, Js-A – joesite-A, Js-B – joesite-B. Images were taken in backscattered electron mode

(рис. 3, a, d). Рассчитанные кристаллохимические формулы жозеита-А и -В близки теоретическим (табл. 1).

Не идентифицированная минеральная фаза ($Bi_{13}Se_{15}Te_4$) образует срастания с золотом, развиваясь на поверхности золотин размером 2 мм (рис. 6, табл. 2).

В шлихах р. Хобею наряду с золотом присутствуют касситерит и вольфрамит, а также

редкие минералы – сульфотеллуриды и теллуриды висмута, среди которых можно выделить козалиит, тетрадимит. В последнем обнаружены участки, близкие к цумоиту [24].

Тетрадимит (Bi_2Te_2S) встречается в виде удлинённо-уплощённых, хорошо окатанных зёрен размером до 1 мм (рис. 7). Обычно это самый распространённый из теллуридов минерал, но крупных скоплений не образует,

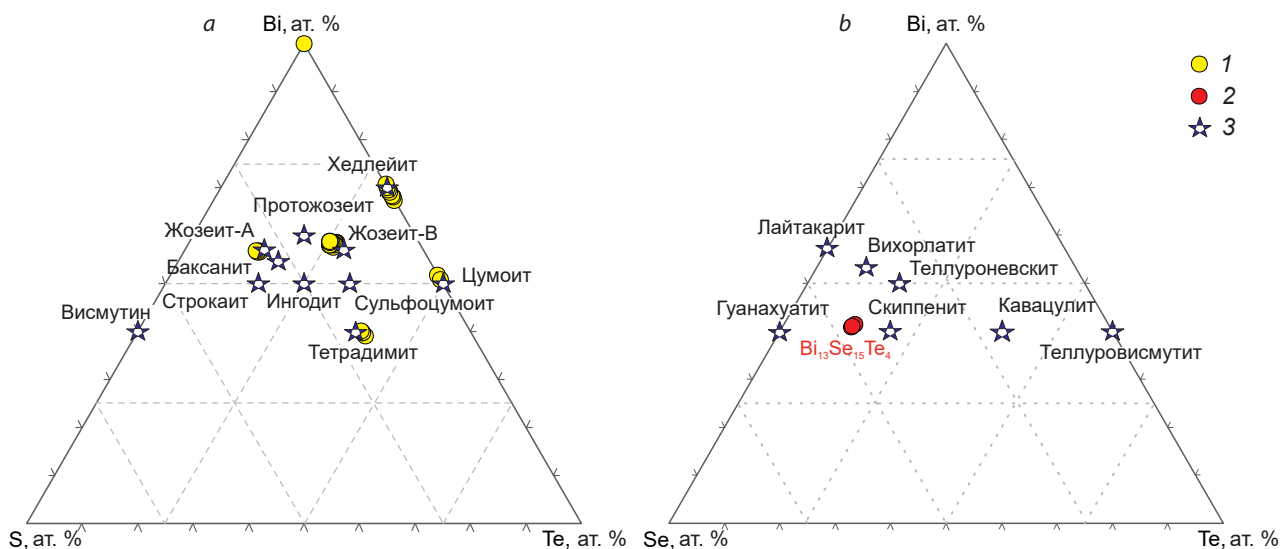


Рис. 4. Диаграммы Bi-Te-S (a) и Bi-Se-Te (b):

1 – реальные составы минералов в россыпях Няртаю и Хобею; 2 – состав не диагностированной минеральной фазы $Bi_{13}Se_{15}Te_4$ россыпи Няртаю; 3 – идеальные составы минералов

Fig. 4. Bi-Te-S (a) and Bi-Se-Te (b) diagrams:

1 – real compositions of minerals in the Nyartayu and Khobeyu placers; 2 – composition of the undiagnosed mineral phase $Bi_{13}Se_{15}Te_4$ from the Nyartayu placer; 3 – ideal compositions of minerals

Табл. 1. Состав теллуридов и сульфотеллуридов висмута в россыпях Няртаю и Хобею

Table 1. Composition of bismuth tellurides and sulfotellurides from the Nyartayu and Khobeyu placers

№ точки анализа	Минерал	Химический элемент, масс. %				Сумма	Эмпирическая формула
		Bi	Te	Pb	S		
II/10–5	Хедлейит	75,52	21,93	–	–	97,45	$Bi_{6,78}Te_{3,22}$
II/16–5		76,72	21,63	–	–	98,35	$Bi_{6,84}Te_{3,16}$
II/17–2		77,55	20,8	–	–	98,35	$Bi_{6,95}Te_{3,05}$
II/17–4		79,5	20,21	–	–	99,71	$Bi_{7,06}Te_{2,94}$
II/3–12		77,57	21,23	–	–	98,80	$Bi_{6,90}Te_{3,10}$
II/10–1	Жозеит-В	74,31	20,56	–	3,06	97,93	$Bi_{4,07}Te_{1,84}S_{1,09}$
II/10–2		74,61	20,47	–	2,94	98,02	$Bi_{4,10}Te_{1,85}S_{1,05}$
II/10–8		73,69	20,83	–	3,13	97,65	$Bi_{4,02}Te_{1,87}S_{1,11}$
II/11–6		74,4	20,93	–	3,03	98,36	$Bi_{4,06}Te_{1,87}S_{1,07}$
II/16–2		74,36	19,61	–	3,1	97,07	$Bi_{4,11}Te_{1,77}S_{1,12}$
II/9–1	Жозеит-А	78,8	11,43	–	6,42	96,65	$Bi_{3,96}Te_{0,94}S_{2,10}$
II/9–2		79,0	11,61	–	6,35	96,96	$Bi_{3,97}Te_{0,95}S_{2,08}$
II/15–1		78,53	11,29	–	6,42	96,24	$Bi_{3,96}Te_{0,93}S_{2,11}$
1–1	Козалит	46,16	–	38,94	15,57	100,67	$Pb_{1,89}Bi_{2,22}S_{4,89}$
1–2		42,98	–	39,85	14,40	97,23	$Pb_{2,04}Bi_{2,18}S_{4,77}$
1–2	Тетрадимит	59,75	38,84	–	4,35	102,94	$Bi_{1,97}Te_{2,09}S_{0,93}$
1–4		62,23	39,56	–	4,52	106,31	$Bi_{1,99}Te_{2,07}S_{0,94}$
1–6		60,80	37,81	–	4,29	102,90	$Bi_{2,05}Te_{2,08}S_{0,94}$
1–8	Цумоит	56,61	33,13	–	–	89,74	$Bi_{1,02}Te_{0,98}$
1–9		64,04	35,84	–	–	99,88	$Bi_{1,04}Te_{0,96}$

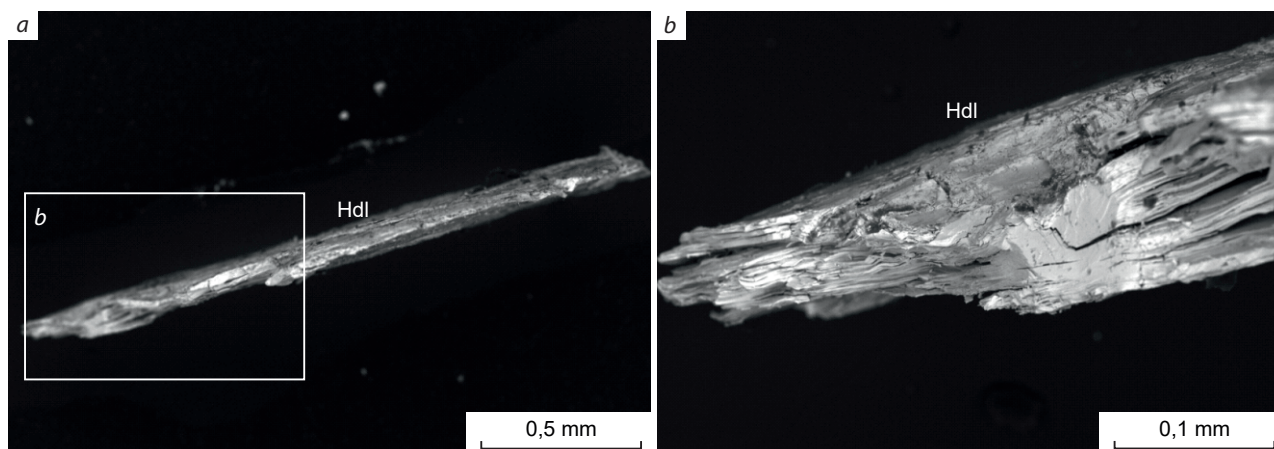


Рис. 5. Зерно хедлейита из россыпи Няртаю (а) и его увеличенный фрагмент (b)

Fig. 5. Hadleyite grain from the Nyartau placer (a) and its enlarged fragment (b)

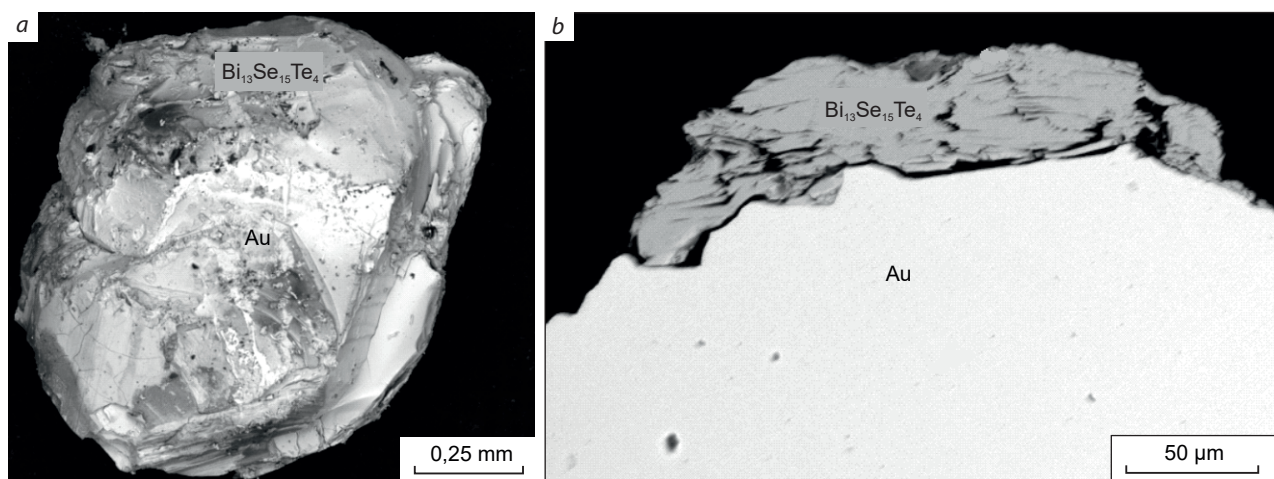


Рис. 6. Высокопробное золото из золотоносной россыпи:

а – включения минеральных фаз висмута, теллура и селена (снято в режиме вторичных электронов); б – срез (снято в режиме обратно рассеянных электронов)

Fig. 6. High-finesness gold from a gold-bearing placer and inclusions of bismuth, tellurium, and selenium mineral phases (a) and its cross-section (b):

a – images taken in secondary electron mode; b – in backscattered electron mode

встречаясь в гидротермальных жилах (преимущественно среднетемпературных). Образует сростки с золотом и другими теллуридами. В составе тетрадимита (табл. 2) присутствуют следы Au, Sb, Pb.

Козалит ($Pb_2Bi_2S_5$) образует хорошо ограниченные призматические кристаллы, не за-

тронутые процессами физического выветривания (рис. 7). Химический состав (масс. %): Pb – 38,94–39,85; Bi – 42,98–46,16; S – 14,40–15,57. Минерал имеет небольшой дефицит серы относительно идеальных формул при переменных содержаниях Pb и Bi (табл. 1). Очень характерно разложение козалита с

Табл. 2. Состав не идентифицированной минеральной фазы Se-Bi-Te в россыпи Няртаю

Table 2. Composition of the unidentified mineral phase Se-Bi-Te from the Nyartayu placer

№ точки анализа	Химический элемент, масс. %			Сумма	Эмпирическая формула
	Bi	Se	Te		
I/2_1_2	60,46	25,72	11,42	97,60	$\text{Bi}_{13,14}\text{Se}_{14,80}\text{Te}_{4,06}$
I/2_3_1	62,76	26,96	11,71	101,43	$\text{Bi}_{13,10}\text{Se}_{14,90}\text{Te}_{4,00}$
I/2_3_2	63,09	27,27	11,78	102,14	$\text{Bi}_{13,06}\text{Se}_{14,94}\text{Te}_{4,00}$

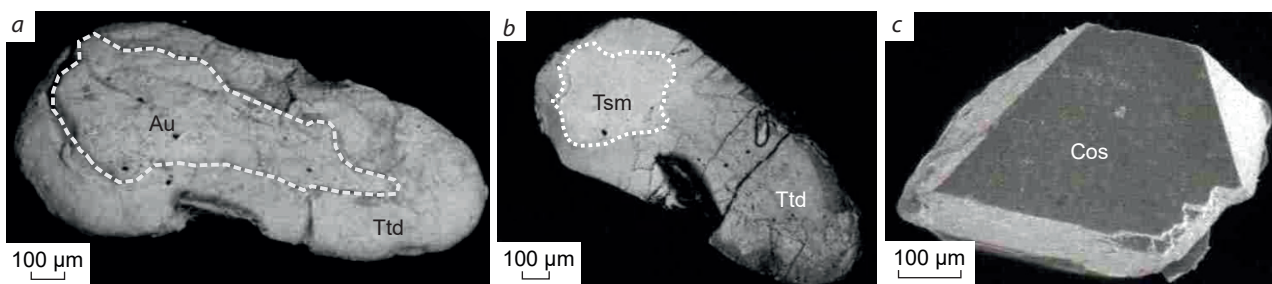


Рис. 7. Минералы Bi и Te:

a – золото (Au) с тетрадимитом (Ttd); *b* – тетрадимит с включением цумойта (Tsm); *c* – козалит (Cos). Изображения сняты в режиме вторичных (*a*, *b*) и обратно рассеянных (*c*) электронов

Fig. 7. Minerals of Bi and Te:

a – gold (Au) with tetradymite (Ttd); *b* – tetradymite (Ttd) with inclusion of tsumoite (Tsm); *c* – cosalite (Cos). Images were taken in the secondary (*a*, *b*) and backscattered (*c*) electron modes

образованием мельчайших зёрен галенита и самородного висмута. В качестве примеси присутствуют Se и Te, которые замещают S.

Самородный висмут отмечается в сростании с жозеитом-В и хедлейитом и в симплектитовом сростании с золотом (рисунки 3, 8). Одним из интересных аспектов является широко распространённое присутствие в россыпи ассоциации самородных золота и висмута в виде симплектитов, представляющих собой минеральный агрегат червеобразных сростаний с чёткой границей раздела фаз, отвечающей эвтектоидной кристаллизации в системе «золото–висмут». Количественное отношение перечисленных компонентов составляет примерно 1:1. Самородный висмут в симплектитах имеет незначительную примесь серебра (табл. 3).

Мальдонит – интерметаллид состава Au_2Bi , встречается в виде реликтов в высокопробном золоте симплектитов. Размер выделений мальдонита колеблется от первых

Табл. 3. Химический состав самородного висмута в симплектите

Table 3. Chemical composition of native bismuth in symplectite

№ пробы	Химический элемент, масс. %		Сумма
	Bi	Ag	
II/2_1_5	97,93	0,37	98,31
II/2_1_6	98,71	0,40	99,11
II/2_1_9	96,10	–	96,10
II/2_1_7	100,10	–	100,10

до 10–15 мкм (рис. 8, *c*, *d*). Данные химических анализов почти точно отвечают формуле Au_2Bi (табл. 4).

Самородное золото в россыпях отличается разнообразием форм, химического состава и минеральных включений. В таблице 5 приведены основные морфологические и типоморфные особенности россыпного золота по

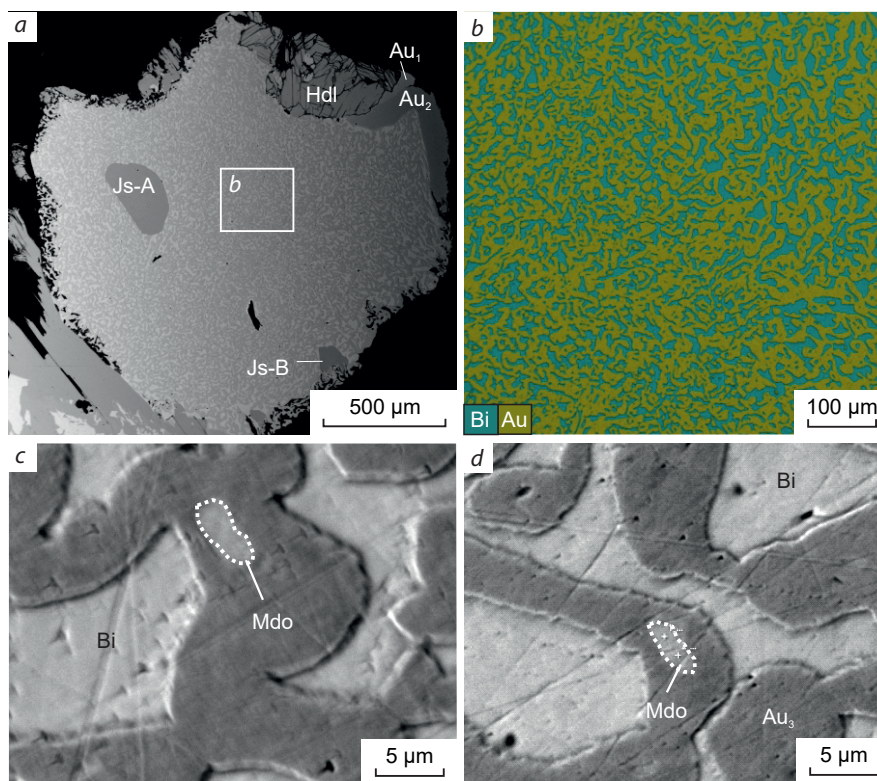


Рис. 8. Симплектиты золота и самородного висмута на контакте с хедлейитом (a), многослойное изображение в характеристическом излучении Bi и Au в симплектите (b), реликтовые участки мальдонита в самородном золоте (c, d):

Au₁ – золото первой генерации; Au₂ – золото второй генерации; Au₃ – золото третьей генерации; Bi – самородный висмут; HdI – хедлейит; Js-A – жозеит-A; Js-B – жозеит-B; Mdo – мальдонит

Fig. 8. Symplectites of gold and native bismuth at the contact with hadleyite (a); multilayer image in the characteristic radiation of Bi and Au in symplectite (b); relict areas of maldonite in native gold (c, d): (a) and its cross-section (b):

Au₁ – first generation gold; Au₂ – second generation gold; Au₃ – third generation gold; Bi – native bismuth; Mdo – maldonite; HdI – hadleyite; Js-A – josite-A; Js-B – josite-B

основным крупным водотокам исследуемого района. По всем россыпям преобладает материал средних и крупных классов. Средние по размерам (+1 мм) частицы составляют 42 % при меньшем распространении мелкого (-1+0,25 мм) и крупного (+2 мм) классов. Нередко встречаются самородки.

Поверхность золотин ямчато-ячеистая с включениями слюд, кварца и гидроксидов железа. Окатанность не выше средней. При посткристаллизационных преобразованиях появляются кавернозные структуры выщелачивания, растворения, ровные мелкобугорчатые регенерационные каймы. В золоте из пробы

р. Няртаю гипергенные преобразования проявлены слабо, в виде единичных обособлений, межзерновых прожилков и тонкой коррозионной оболочки [2].

Также золото отмечается в виде микронных включений в самородном серебре, галените, мальдоните. Установлены симплектитовые сростания золота и висмута. По химическому составу и характеру развития выделяются три генерации золота (рис. 3, b; табл. 6). Первая генерация наблюдается в краевой части зерна на контакте с хедлейитом. Содержание Ag в нём составляет 10,05–10,57 масс. %. Золото этого типа имеет высокую и среднюю

Табл. 4. Химический состав мальдонита в высокопробном золоте симплектитов, масс. %

Table 4. Chemical composition of maldonite in high-fineness gold of symplectites

№ образца	Химический состав, масс. %		Сумма	Эмпирическая формула
	Au	Bi		
Au_II/6-2	65,88	34,99	100,87	Au _{1,99} Bi _{1,00}
Au_II/13-1	65,83	36,13	101,96	Au _{1,98} Bi _{1,02}
Au_II/13-2	66,51	35,20	101,71	Au _{2,00} Bi _{0,99}
Au_II/18-2	67,15	36,12	103,27	Au _{1,99} Bi _{1,00}

Табл. 5. Распределение россыпного золота по классам крупности и морфологическим особенностям золотинок в россыпях крупных водотоков (собственные и ретроспективные материалы)

Table 5. Distribution of placer gold by the size classes and morphological features of the gold grains in placers of large watercourses (own and retrospective materials)

Долина	Пробность, ‰	Морфология золота	Примеси в золоте	Содержание золота по классам крупности, %				
				> 5	-5+2	-2+1	-1+0,5	-0,5+0,25
р. Няртаю	877–968 (сред. 900)	Кристаллы, таблички, комочки, дендриты	Cu, As, Te, Ag, Hg, Pb, Bi	11 (самородки)	19	42	20	8
р. Нестершор	831–989 (сред. 900)	Обломки жильного кварца с золотом. Окатанность различная	Ag, Ti, Hg, Cu, As	81 (самородки)			19	
р. Яроташор	870–950 (сред. 920)	Пластинчатое, лепёшковидное, крючковатое	Ag, Cu, Pb, Bi, Ti	98 (самородки)			2	
р. Золото-Шор	892–948 (сред. 921)	Уплощённые таблички	Ag, Ti, Hg, Cu	+	12	7	31	50,2
р. Хобею	677–998	Пластинчатое, комковидное, кристаллы, дендриты	–	2	18	53		27

Табл. 6. Химический состав золота в ассоциации с висмутовыми минералами, масс. %

Table 6. Chemical composition of gold in association with bismuth minerals, wt. %

№ точки	Метка спектра	Au	Ag	Сумма	Пробность, ‰
II/2_0_1 II/2_1_1	Au ₁ , контакт с хедлейитом	90,87	10,05	100,91	900
		89,31	10,57	99,87	894
II/2_1_3	Au ₂ , контакт с симплектитом	96,6	3,06	99,66	969
II/2_1_8 II/2_1_10	Au ₃ в симплектите	98,07	0,58	98,65	994
		98,61	0,66	99,27	993



пробность. Золото второй генерации развивается в виде узкой полосы на границе с хедлейитом и симплектитом. Содержание Ag – 3,06 масс. %. Золото весьма высокопробное – 969 ‰. Золото третьей генерации образует симплектитовые сростания с висмутом. Содержание серебра довольно низкое – 0,58–0,66 масс. %.

Обсуждение

Шлиховые потоки и аллювиальные россыпи золота, вынесенные на рис. 1, приурочены к водотокам восточного склона Урала, истоки которых находятся в его осевой части. Все они могут представлять интерес в качестве прямого поискового признака, указывающего на возможность обнаружения здесь золоторудных объектов.

Среди промышленных россыпей золота (р. Няртаю, Хобею) и их притоков выявлены минералы группы тетрадимита, самородные висмут, золото и серебро, при этом сульфиды редки или вообще отсутствуют. Кроме того, в симплектитовых агрегатах висмута и золота обнаружены реликты мальдонита, характерные для золоторудных месторождений [1, 6, 26–28] Восточной Якутии [3] и территории Верхояно-Колымской складчатой области [19]. Мальдонит (Au_2Bi), являясь устойчивым в температурном диапазоне 371–116 °C (рис. 9), при понижении температуры разлагается с образованием золота и висмута [6, 26–29] в виде ветвисто-петельчатой текстуры (симплектита). Указанный процесс представляет собой следствие эвтектической ассоциации в системе Au–Bi (самородный висмут и самородное золото). Несмотря на то, что самородный висмут плавится выше 271,4 °C, система имеет более низкие эвтектические температуры при добавлении компонентов Te и Au [23].

Наряду с простыми ассоциациями (самородный висмут, золото, мальдонит, теллуrowисмутит, хедлейит, цумоит) (рис. 10) в россыпи присутствуют симплектиты золота и висмута и серосодержащие минералы (жозеит-А, жозеит-В, козалит, цумоит). Среди последних обнаружена неназванная фаза с составом, близким к BiTeS и Bi_3TeS . Всё пере-

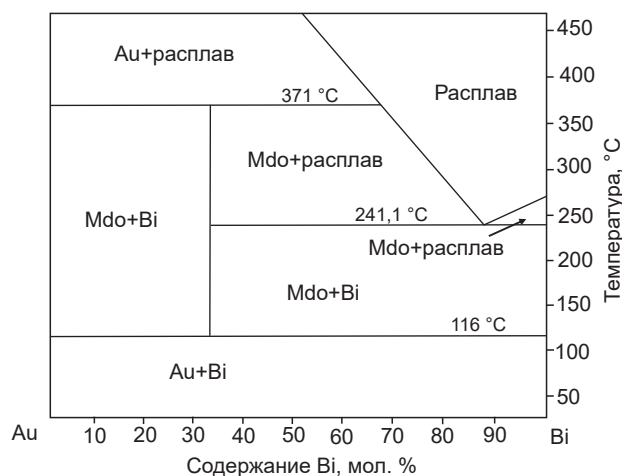


Рис. 9. Бинарная фазовая диаграмма системы Au–Bi [29]: Au – золото, Bi – самородный висмут, Mdo – мальдонит

Fig. 9. Binary phase diagram of the Au-Bi system, after [29]: Au – gold, Bi – native bismuth, Mdo – maldonite

численное свидетельствует о весьма специфических особенностях формирования коренных месторождений, сформировавших россыпи.

В россыпях преобладает среднее и крупное золото, обычно характерное для месторождений золото-кварцевого типа в кварцевых жилах. Химический состав золота варьирует от 831 до 989 ‰, свидетельствуя о небольших диапазонах вариаций. Низкая дисперсия пробности обычно характерна для месторождений, образовавшихся в стабильных, термостатированных условиях больших и средних глубин. Аналогичные условия возникают в контактовых ореолах гранитоидных массивов, в рудах с тонкодисперсным золотом, где пробность повышается равномерно и на больших участках, при этом дисперсия пробности остаётся также низкой [12]. Формы золотин (преимущественно в виде уплотнённых табличек, кристаллов и сростков) указывают на их рост в пустотах или возникновение в результате метасоматической перекристаллизации [13]. Трещинные выделения (гемидиоморфные частицы) довольно редкие. По наблюдениям [2], в россыпи Нестершор много золотин с коррозионной оболочкой, возможно образованных в результате

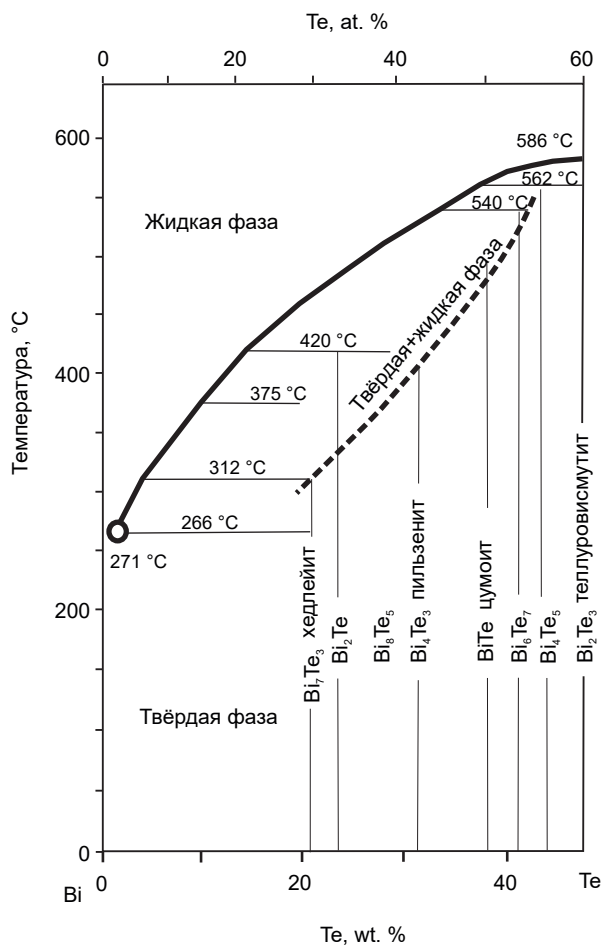


Рис. 10. Фазовая диаграмма системы Bi–Te [25]

Fig. 10. Phase diagram of the Bi–Te system, after [25]

переотложения из кор выветривания. Наличие узких кайм облагораживания в россыпном золоте (когда не известен его источник) свидетельствует о низком содержании сульфидов в коренном источнике, формирующем россыпь [13].

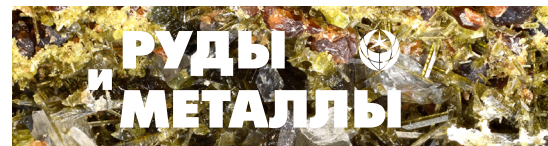
Морфологические особенности золота, минеральное разнообразие теллуридов и сульфотеллуридов висмута в россыпях Няргаю и Хобею свидетельствуют о вероятной связи с магматизмом. Подобная связь с гранитами широко проявлена в пределах Сихотэ-Алиня, Забайкалья, на Северо-Востоке России, в Якутии, на Урале (месторождения Криничное, Болотистое, Малиновское, Мякитское, Порожистое, Чистое, Светлинское, Кочкарское и др.). Все перечисленные месторождения яв-

ляются золото-теллуридными, экономически выгодными.

На рассматриваемой территории Приполярного Урала истоки крупных рек, уже принадлежащие к бассейну реки Оби, расположены на месте выходов гранитных массивов, развитых вдоль западного обрамления Хобезского антиклинория. Есть представление, что сближенные Сальнерский и Няртинский массивы представляют собой выходы на поверхность апикальных частей единого крупного, не полностью вскрытого эрозией интрузива. Контакты интрузивные, рвущие, с мощными (до 300 м) экзоконтактовыми зонами гранитизации, мигматизации, окварцевания, ороговикования. Также отмечены слабо проявленные зоны грейзенообразования [4]. Вблизи гранитных массивов породы пуйвинской свиты (RF_2) ороговикованы, местами тонко инъецированы гранитами, образуя довольно мощные мигматитовые оторочки с появлением граната. Контакт с габброидами парнукского комплекса сопровождается многочисленными ксенолитами последних в гранитах и явлениями гибризма.

Итак, можно предположить, что источниками золота россыпей могут быть магматогенно-гидротермальные месторождения [8], подобные золото-теллуридным месторождениям Быньговское, Кочкарское, Светлинское. Такие месторождения, генетически и парагенетически связанные с интрузиями гранитов, были сформированы в связи с ними в эпоху, близкую к становлению самих интрузий.

По формационной принадлежности рассматривается весьма широкий спектр формационных типов, среди которых наиболее типичными представителями являются золото-кварцевая и золото-сульфидно-кварцевая формации. На западном склоне Приполярного Урала в 80-х годах прошлого столетия в составе Росмахинского золоторудного узла открыты проявления золота указанного типа – Синильга, Пологое и Сюзарьрузьвож, расположенные как в теле Народинской гранитной интрузии сальнерско-маньхамбовского комплекса, так и в её экзоконтактах в тёмно-серых углеродсодержащих серицит-кварцевых сланцах пуйвинской свиты. Гипогенные



минералы жил рудопроявлений представлены галенитом и пиритом, в незначительных количествах – арсенопиритом, пирротинном, халькопиритом и сфалеритом. Размер выделений золота 0,1–3,5 мм, содержание достигает 50 г/т на Синильге и 360,9 г/т на рудопроявлении Пологое. Пробность золота 890–937 ‰ с примесями в золоте Ag (6,2–10,6 ‰), Cu (0,02–0,13 ‰). Рудопроявления рассматриваются в качестве представителей основного россыпеобразующего типа оруденения. В целом режим формирования руд указанных золотопроявлений недостаточно изучен и не отвечает современному уровню генетических построений.

Приведённый пример показывает, что особый интерес должны представлять области, приуроченные к контактовым частям гранитоидных массивов. Это могут быть прожилково- жильные зоны, размещённые в роговиках в области эндоконтактов или в грейзенизированных гранитах. В пользу высказанного предположения свидетельствует выявление в обломке лейкократовых гранитов густой вкрапленности пирита с единичными выделениями Ви-галенита ($Vi > 0,01 \%$, $Pb - 0,015 \%$, $Ag - 5 \text{ г/т}$ [4]). Рудные тела представлены малосульфидными кварцевыми жилами с характерным набором рудной Au-Ag-Te-Vi минеральной ассоциации. Глубины их формирования оцениваются как близповерхностные (до 1–1,5 км) [11, 15]. Золото, как правило, средней–высокой пробности, размером до 2 мм, встречается в виде кристаллов, обычно заключённых в нерудных минералах (кварце, карбонате) или в сростках с висмутом и теллуридами. Следует добавить, что в россыпях была встречена не диагностированная минеральная фаза ($Vi_{13}Se_{15}Te_4$), образующая сростания с золотом. Наличие Se характерно для золото-серебряных месторождений, что находит своё подтверждение в появлении в россыпях неокатанных мелких частиц и самородков серебра [11]. Обычно содержание Te также возрастает от золото-кварцевых к золото-серебряным месторождениям [16].

Последующий (среднекаменноугольно-раннетриасовый, или «коллизийный») этап яв-

ляется также продуктивным и совпадает со временем формирования жильного кварца и горного хрусталя месторождений Нестершор и Ярота. В этот период оруденелые породы подверглись региональному метаморфизму и интенсивной проработке пород гидротермами, что привело к возникновению многочисленных кварцевых жил [7, 10, 17, 18, 21, 22]. Синхронный гидротермальный процесс протекал и на оруденении Au-Ag-Te-Vi минерального типа, в контактах интрузивных тел, с тем лишь важным отличием, что здесь процессы гидротермального изменения накладывались на оруденелые породы, уже содержавшие золото, что привело к его регенерации и переотложению.

Итак, на территории ожидается открытие золоторудных объектов, генетически связанных с интрузиями сальнерско-маньхамбовского комплекса, что даёт основание считать время их образования поздневендско-раннекембрийским. Завершение формирования жил приходится на среднекаменноугольно-раннетриасовый период (около 250 млн лет). При большом разнообразии жил различной формационной принадлежности, развитых на площади шлихосбора, важнейшим из поисковых методов становится геохимический (золотометрический) с анализом проб на золото, так как поиски золотого оруденения мало сопровождаются сульфидами. В принципе золотометрическая изученность в золотоносных районах, даже с поверхности, до сих пор остаётся крайне низкой во всех районах Севера Урала.

Выводы

В аллювии крупных рек Няртаю и Хобею известны промышленные россыпи золота, коренной источник которого не обнаружен. Проведённые исследования позволили установить в россыпи редкие минералы группы тетрадимита, Ви-Au интерметаллид (мальдонит), сульфотеллуриды висмута (жозеит-А и жозеит-Б, цумоит), самородные висмут, серебро; при этом сульфиды крайне редки или вообще отсутствуют. Формирование россыпной золотоносности на данной территории,



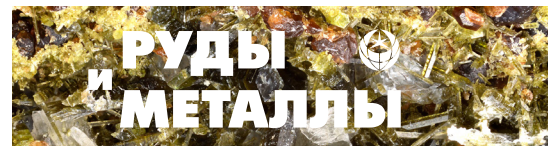
вероятнее всего, происходило за счёт оруденений докембрийского возраста, являющихся ложем выявленных россыпей. Источником золота для россыпей может служить оруденение, генетически связанное с интрузиями, включающее несколько продуктивных стадий рудообразования. Ранний магматогенно-гидротермальный этап парагенетически связан с орогенными гранитами сальнерско-маньхамбовского комплекса. По формационной принадлежности оруденение относится к золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой

формациям, Au-Ag-Te-Bi минеральному типу. В эпоху позднепалеозойской коллизии сформировался регенерированный малосульфидный золото-кварцевый минеральный тип.

Исследования выполнены по теме госзадания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Фундаментальные проблемы минералогии и минералообразования, минералы как индикаторы петро- и рудогенеза, минералогия рудных районов и месторождений Тимано-Североуральского региона и арктических территорий» № 122040600009-2.

Список литературы

1. Айриянц Е. В., Белянин Д. К., Жмодик С. М., Иванов П. О., Киселева О. Н. Золото-редкометалльная минерализация россыпного месторождения Мокрундя (Арктическая Сибирь, Республика Саха (Якутия)) // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64, № 2. – С. 192–211. – doi: 10.2113/RGG20214390.
2. Богуславский М. А., Худяков С. О. Характеристика самородного золота Косьюмнерского россыпного месторождения (Приполярный Урал) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2018. – № 5. – С. 24–30. – doi: 10.32454/0016-7762-2018-5-24-30.
3. Гамянин Г. Н., Некрасов И. Я., Самусиков В. П. Мальдонит из золоторудных проявлений Восточной Якутии // Минералогический журнал. – 1986. – Т. 8, № 3. – С. 65–71.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Северо-Уральская. Лист Q-40-XXXVI (Лорцемпея). Объяснительная записка. – М. : Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2023.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Северо-Уральская. Лист Q-41-XXXI (Щекурья). Объяснительная записка. – М. : Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2023.
6. Гребенникова А. А., Саядян Г. Р., Шлыков С. А. Новые данные по минералогии золоторудного месторождения Пасечное (Южный Сихотэ-
- Алинь, Россия) // Записки Российского минералогического общества. – 2021. – Т. 150, № 2. – С. 28–41. – doi: 10.31857/S086960521020064.
7. Кузнецов С. К. Жильный кварц Приполярного Урала. – СПб. : Наука, 1998. – 204 с.
8. Кучеренко И. В. Магматогенные геолого-генетические концепции образования гидротермальных месторождений золота: факты и аргументы // Вестник Томского государственного университета. – 2014. – № 386. – С. 214–222. – doi: 10.17223/15617793/386/36.
9. Майорова Т. П., Кузнецов С. К., Филиппов В. Н. Первая находка самородного серебра в золотоносных россыпях Приполярного Урала // Доклады Академии Наук. – 2019. – Т. 486, № 6. – С. 714–717. – doi: 10.31857/S0869-56524866714-717.
10. Майорова Т. П., Сокерина Н. В. Кварцевожильная минерализация одного из золотороссыпных районов Ляпинского антиклинория (восточный склон Приполярного Урала) // XXIV Всероссийская научная конференция «Уральская минералогическая школа – 2018». Сборник статей... – Екатеринбург : ООО Универсальная типография «Альфа Принт», 2018. – С. 103–107.
11. Некрасов Е. М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М. : Недра, 1988. – 286 с.
12. Николаева Л. А. Методическое руководство по изучению самородного золота при геологоразведочных работах. – М. : ЦНИГРИ, 1985. – 24 с.
13. Николаева Л. А., Яблокова С. В. Типоморфные особенности самородного золота и их исполь-

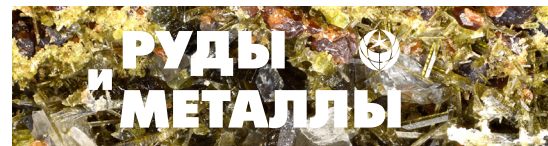


- зование при геологоразведочных работах // Руды и металлы. – 2007. – № 6. – С. 41–57.
14. Основные черты геологического строения и минерально-сырьевой потенциал Северного, Приполярного и Полярного Урала. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. – 273 с.
15. Петровская Н. В. Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса). – М. : Наука, 1973. – 347 с.
16. Савва Н. Е., Пальянова Г. А., Бянкин М. А. К проблеме генезиса сульфидов и селенидов золота и серебра на месторождении Купол (Чукотка, Россия) // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53, № 5. – С. 597–609.
17. Сокерина Н. В., Майорова Т. П., Исаенко С. И. Условия формирования кварцевых жил Яроташорской площади (Приполярный Урал) // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2018). – Сыктывкар : ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. – С. 200–201.
18. Сокерина Н. В., Майорова Т. П., Шанина С. Н., Исаенко С. И. Флюидный режим образования кварцевых жил Яроташорской золотороссышной площади (Приполярный Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2018. – № 8. – С. 20–25. – doi: 10.19110/2221-1381-2018-8-20-25.
19. Соломенцева Л. А. Мальдонит в золоторудных проявлениях юго-восточной части Яно-Колымского золотоносного пояса // Минералогия во всем пространстве сего слова : международная научная конференция Годичное собрание РМО 2014. – СПб. : ЛЕМА, 2014. – С. 147–149.
20. Спиридонов Э. М., Соколова Н. Ф., Шумкова Н. Г. Новые типы минеральных ассоциаций самородного золота Северо-Казахстанской провинции // Минералогия золота. – Владивосток : Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1974. – С. 22–24.
21. Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Мерц А. В., Швецова И. В., Козырева И. В., Шулепова А. Н., Терешко В. В., Андреичев В. Л., Гареев Э. З., Ефанова Л. И., Никулова Н. Ю., Казачкин М. Ю., Белоголова Т. И., Иванова Т. И., Котельникова Е. А., Махлаев Л. В., Опаренкова Л. И., Пыстин А. М., Силаев В. И., Филиппов В. Н. Геохимия древних толщ Севера Урала. – Сыктывкар : Геопринт, 2002. – 333 с.
22. Юдович Я. Э., Андреичев В. Л., Мерц А. В., Кетрис М. П. Новые данные о возрасте метаморфизма доуралит Приполярного Урала // Магматические и метаморфические комплексы Севера Урала / Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. – 1995. – Вып. 87. – С. 52–67.
23. Ciobanu C. L., Cook N. J., Spry P. G. Preface – Special Issue: Telluride and selenide minerals in gold deposits – how and why? // Mineralogy and Petrology. – 2006. – V. 87. – P. 163–169. – doi: 10.1007/s00710-006-0133-9.
24. Mayorova T., Kuznetsov S. Native gold paragenesis with bismuth and tellurium minerals in Subpolar Ural placers (Russia) // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017. – V. 17, Is. 11. – P. 359–366. – doi: 10.5593/sgem2017/11/S01.046.
25. Okamoto H., Tanner L. E. Bi-Te (bismuth–tellurium) // Binary Alloy Phase Diagrams / Massalski T. B., Okamoto H. (Eds.). – Materials Park, Ohio: ASM International, 1990. – P. 800–801.
26. Tooth B., Brugger J., Ciobanu C. L., Liu W. Modeling of gold scavenging by bismuth melts coexisting with hydrothermal fluids // Geology. – 2008. – V. 36. – P. 815–818. – doi: 10.1130/G25093A.1.
27. Tooth B., Ciobanu C. L., Green L., O'Neill B., Brugger J. Bi-melt formation and gold scavenging from hydrothermal fluids: An experimental study // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2011. – V. 75. – P. 5423–5443. – doi: 10.1016/j.gca.2011.07.020.
28. Tooth B., Etschmann B., Pokrovski G. S., Testemale D., Hazemann J., Grundler P. V., Brugger J. Bismuth speciation in hydrothermal fluids: an X-ray absorption spectroscopy and solubility study // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2013. – V. 101. – P. 156–172. – doi: 10.1016/j.gca.2012.10.020.
29. Zhou H., Suna X., Fub Y., Linb H., Jiang L. Mineralogy and mineral chemistry of Bi-minerals: Constraints on ore genesis of the Beiya giant porphyry-skarn gold deposit, southwestern China // Ore Geology Reviews. – 2016. – V. 79. – P. 408–424. – doi: 10.1016/j.oregeorev.2016.06.008.



References

1. Airiyants E. V., Belyanin D. K., Zhmodik S. M., Ivanov P. O., Kiseleva O. N. Zoloto-redkometall'naya mineralizatsiya rossypnogo mestorozhdeniya Mokrundya (Arkticheskaya Sibir', Respublika Sakha (Yakutiya)) [Gold-rare metal mineralization of the Mokrundya placer deposit (Arctic Siberia, Republic of Sakha (Yakutia))], *Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]*, 2023, Vol. 64, No 2, pp. 192–211. (In Russ.) DOI: 10.2113/RGG20214390.
2. Boguslavsky M. A., Khudyakov S. O. Kharakteristika samorodnogo zolota Kos'yumnerskogo rossypnogo mestorozhdeniya (Pripolyarnyi Ural) [Characteristics of native gold of the Kosyumnner placer deposit (Polar Urals)], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration]*, 2018, No 5, pp. 24–30. (In Russ.) DOI: 10.32454/0016-7762-2018-5-24-30.
3. Gamyanin G. N., Nekrasov I. Ya., Samusikov V. P. Mal'donit iz zolotorudnykh proyavlenii Vostochnoi Yakutii [Maldonite from gold ore occurrences of Eastern Yakutia], *Mineralogicheskii zhurnal [Mineralogical Journal]*, 1986, Vol. 8, No 3, pp. 65–71. (In Russ.)
4. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Severo-Ural'skaya. List Q-40-XXXVI (Lortsempeya). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200,000, 2nd ed., North Ural Series, Sheet Q-40-XXXVI (Lortsempeya), Explanatory Note], Moscow, Moscow Branch of the Federal State Budgetary Institution VSEGEI Publ., 2023.
5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Severo-Ural'skaya. List Q-41-XXXI (Shchekur'ya). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation, scale 1 : 200,000, 2nd ed., North Ural Series, Sheet Q-41-XXXI (Shchekurya), Explanatory Note], Moscow, Moscow Branch of the Federal State Budgetary Institution VSEGEI Publ., 2023.
6. Grebennikova A. A., Sayadyan G. R., Shlykov S. A. Novye dannye po mineralogii zolotorudnogo mestorozhdeniya Pasechnoe (Yuzhnyi Sikhoteh-Alin', Rossiya) [New data on the mineralogy of the Pasechnoye gold deposit (Southern Sikhote-Alin, Russia)], *Zapiski RMO [Proceedings of the Russian Mineralogical Society]*, 2021, Vol. 150, No 2, pp. 28–41. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0869605521020064.
7. Kuznetsov S. K. Zhil'nyi kvarts Pripolyarnogo Urala [Vein quartz of the Subpolar Urals], St. Petersburg, Nauka Publ., 1998, 204 p.
8. Kucherenko I. V. Magmatogennye geologo-geneticheskie kontseptsii obrazovaniya gidrotermal'nykh mestorozhdenii zolota: fakty i argumenty [Magmatogenic geological and genetic concepts of the formation of hydrothermal gold deposits: facts and arguments], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Tomsk State University Journal]*, 2014, No 386, pp. 214–222. (In Russ.) DOI: 10.17223/15617793/386/36.
9. Mayorova T. P., Kuznetsov S. K., Filippov V. N. Pervaya nakhodka samorodnogo serebra v zolotonosnykh rossypyakh Pripolyarnogo Urala [The first find of native silver in gold placers of the Subpolar Urals], *Doklady Akademii Nauk [Proceedings of the Russian Academy of Sciences]*, 2019, Vol. 486, No 6, pp. 714–717. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0869-56524866714-717.
10. Mayorova T. P., Sokerina N. V. Kvartsevozhil'naya mineralizatsiya odnogo iz zolotorossypnykh raionov Lyapinskogo antiklinoriya (vostochnyi sklon Pripolyarnogo Urala) [Quartz-vein mineralization of one of the gold placer regions of the Lyapinsky anticlinorium (eastern slope of the Subpolar Urals)]. In: XXIV Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya «Ural'skaya mineralogicheskaya shkola – 2018». Sbornik statei [XXIV All-Russian scientific conference “Ural mineralogical school, 2018”, Collection of articles], Ekaterinburg, Alfa Print Publ., 2018, pp. 103–107.
11. Nekrasov E. M. Zarubezhnye ehndogennye mestorozhdeniya zolota [Foreign endogenous gold deposits], Moscow, Nedra Publ., 1988, 286 p.
12. Nikolaeva L. A. Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniyu samorodnogo zolota pri geologorazvedochnykh rabotakh [Methodological guide for the study of native gold in geological exploration], Moscow, TsNIGRI Publ., 1985, 24 p.
13. Nikolaeva L. A., Yablokova S. V. Tipomorfnye osobennosti samorodnogo zolota i ikh ispol'zovanie pri geologorazvedochnykh rabotakh [Typomorphic features of native gold and their use in geological exploration], *Rudy i metally [Ores and Metals]*, 2007, No 6, pp. 41–57. (In Russ.)



14. Osnovnye cherty geologicheskogo stroeniya i mineral'no-syr'evoi potentsial Severnogo, Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala [Main features of the geological structure and mineral resource potential of the Northern, Subpolar and Polar Urals], St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2010, 273 p.
15. Petrovskaya N. V. Samorodnoe zoloto (obshchaya kharakteristika, tipomorfizm, voprosy genezisa) [Native gold (general characteristics, typomorphism, issues of genesis)], Moscow, Nauka Publ., 1973, 347 p.
16. Savva N. E., Pal'yanova G. A., Byankin M. A. K probleme genezisa sul'fidov i selenidov zolota i serebra na mestorozhdenii Kupol (Chukotka, Rossiya) [On the problem of genesis of gold and silver sulfides and selenides at the Kupol deposit (Chukotka, Russia)], *Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]*, 2012, Vol. 53, No 5, pp. 597–609. (In Russ.)
17. Sokerina N. V., Mayorova T. P., Isaenko S. I. Usloviya formirovaniya kvartsevykh zhil Yarotashorskoj ploschadi (Pripolyarnyi Ural) [Conditions of formation of quartz veins of the Yarotashor area (Subpolar Urals)]. In: *Sovremennye problemy teoreticheskoi, ehksperimental'noi i prikladnoi mineralogii (Yushkinskie chteniya – 2018) [Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy (Yushkin readings, 2018)]*, Syktyvkar, IG Komi SC UB RAS Publ., 2018, pp. 200–201.
18. Sokerina N. V., Mayorova T. P., Shanina S. N., Isaenko S. I. Flyuidnyi rezhim obrazovaniya kvartsevykh zhil Yarotashorskoj zolotorossypnoi ploschadi (Pripolyarnyi Ural) [Fluid regime of formation of quartz veins of the Yarotashor gold placer area (Subpolar Urals)], *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN [Vestnik of the Institute of Geology of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]*, 2018, No 8, pp. 20–25. (In Russ.) DOI: 10.19110/2221-1381-2018-8-20-25.
19. Solomentseva L. A. Mal'donit v zolotorudnykh proyavleniyakh yugo-vostochnoi chasti Yano-Kolymskogo zolotonosnogo poyasa [Maldonite in gold ore occurrences of the southeastern part of the Yana-Kolyma gold-bearing belt]. In: *Mineralogiya vo vsem prostranstve sego slova: mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Godichnoe sobranie RMO 2014 [Mineralogy Throughout the World: international scientific conference “Annual meeting of the Russian Mineralogical Society 2014”]*, St. Petersburg, LEMA Publ., 2014, pp. 147–149.
20. Spiridonov E. M., Sokolova N. F., Shumkova N. G. Novye tipy mineral'nykh assotsiatsii samorodnogo zolota Severo-Kazakhstanskoi provintsii [New types of mineral associations of native gold of the North Kazakhstan province]. In: *Mineralogiya zolota [Mineralogy of gold]*, Vladivostok, FESC AN USSR Publ., 1974, pp. 22–24.
21. Yudovich Ya. E., Ketris M. P., Merts A. V., Shvetsova I. V., Kozyreva I. V., Shulepova A. N., Tereshko V. V., Andreichev V. L., Gareev E. Z., Efanova L. I., Nikulova N. Yu., Kazachkin M. Yu., Belogolova T. I., Ivanova T. I., Kotelnikova E. A., Makhlaev L. V., Oparenkova L. I., Pystin A. M., Silaev V. I., Filippov V. N. Geokhimiya drevnikh tolshch Severa Urala [Geochemistry of ancient strata of the North of the Urals], Syktyvkar, Geoprint Publ., 2002, 333 p.
22. Yudovich Ya. E., Andreichev V. L., Merts A. V., Ketris M. P. Novye dannye o vozraste metamorfizma douralid Pripolyarnogo Urala [New data on the age of metamorphism of pre-Uralides in the Subpolar Urals]. In: *Magmaticheskie i metamorficheskie komplekсы Severa Urala [Magmatic and metamorphic complexes of the Northern Urals]*, Trudy Instituta geologii Komi NTs UrO RAN [Proceedings of the Institute of Geology of the Komi SC UB RAS], 1995, Issue 87, pp. 52–67. (In Russ.)
23. Ciobanu C. L., Cook N. J., Spry P. G. Preface, Special Issue: Telluride and selenide minerals in gold deposits, how and why?, *Mineral. and Petrol.*, 2006, Vol. 87, pp. 163–169. DOI: 10.1007/s00710-006-0133-9.
24. Mayorova T., Kuznetsov S. Native gold paragenesis with bismuth and tellurium minerals in Subpolar Ural placers (Russia). In: *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017*, Vol. 17, Issue 11, pp. 359–366. DOI: 10.5593/sgem2017/11/S01.046.
25. Okamoto H., Tanner L. E. Bi–Te (bismuth–tellurium). In: *Binary Alloy Phase Diagrams*, Massalski T. B., Okamoto H. (Eds.), Materials Park, Ohio, ASM International Publ., 1990, pp. 800–801.
26. Tooth B., Brugger J., Ciobanu C. L., Liu W. Modeling of gold scavenging by bismuth melts coexis-



- ting with hydrothermal fluids, *Geology*, 2008, Vol. 36, pp. 815–818. DOI: 10.1130/G25093A.1.
27. Tooth B., Ciobanu C. L., Green L., O'Neill B., Brugger J. Bi-melt formation and gold scavenging from hydrothermal fluids: An experimental study, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2011, Vol. 75, pp. 5423–5443. DOI: 10.1016/j.gca.2011.07.020.
28. Tooth B., Etschmann B., Pokrovski G. S., Testemale D., Hazemann J., Grundler P. V., Brugger J. Bismuth speciation in hydrothermal fluids: an X-ray absorption spectroscopy and solubility study, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2013, Vol. 101, pp. 156–172. DOI: 10.1016/j.gca.2012.10.020.
29. Zhou H., Suna X., Fub Y., Linb H., Jiang L. Mineralogy and mineral chemistry of Bi-minerals: Constraints on ore genesis of the Beiya giant porphyry-skarn gold deposit, southwestern China, *Ore Geol. Rev.*, 2016, Vol. 79, pp. 408–424. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.06.008.

Ефанова Людмила Ивановна

кандидат геолого-минералогических наук, старший геолог

Пархачева Ксения Геннадьевна

младший научный сотрудник

Макеев Борис Александрович (makboris@mail.ru)

кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник

Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Россия

Ludmila Ivanovna Efanova

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Geologist

Kseniya Gennadievna Parkhacheva

Junior Researcher

Boris Aleksandrovich Makeev (makboris@mail.ru)

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher

Acad. N. P. Yushkin Institute of Geology, Komi Research Center, UB RAS, Syktывkar, Russia