



УДК 549.283:553.411.071 (234.851)

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТА И ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РОССЫПИ ЕСТОШОР (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

К. С. Устюгова¹, В. Н. Печерин²

¹ Сыктывкарский государственный университет, Сыктывкар; zelenika@list.ru

² Ухтинский государственный технический университет, Ухта; pecherinvn@mail.ru

Дана характеристика золота россыпи Естошор. Выявлены типоморфные особенности золота и показано, что это россыпь ближнего сноса, коренным источником питания которой были золото-сульфидно (мышьяковисто)-кварцевые рудопроявления, типичные для Манитаньрдского района. Установлено, что часть золота поступала в россыпь из промежуточных коллекторов.

Ключевые слова: *россыпное золото, типоморфные свойства, коренной источник, золото-сульфидно-кварцевый тип, россыпь Естошор, Полярный Урал.*

TYPOMORPHIC FEATURES AND SOURCE OF GOLD IN ESTOSHOR PLACER (THE POLAR URALS)

K. S. Ustyugova¹, V. T. Pecherin²

¹Syktvykar State University, Syktvykar; ²Ukhta State Technical University, Ukhta

The article provides a description of gold from Estoshor placer. Based on the identified typomorphic features it is shown that placer is located near the source. The latter is the gold-sulfide(arsenic)-quartz occurrences typical for Manitynyrd district. Gold partly is produced from intermediate collectors.

Keywords: *alluvial gold, typomorphic properties, primary sources, gold-sulfide-quartz type, scattering Estoshor, Polar Urals.*

Енганепэйско-Манитаньрдский золоторудный район на Полярном Урале, охватывающий поднятия Енганепэ и Манитаньрд, в настоящее время считается наиболее перспективным в отношении промышленного освоения.

В центральной части хребта Манитаньрд находится золото-сульфидно-кварцевое месторождение Верхняяюское-2 и несколько золотопроявлений. В северной части поднятия, в долине руч. Естошор располагается одноименная россыпь (рис. 1), коренные источники питания которой до сих пор не установлены. Россыпь открыта в 1981 г., тогда же подсчитаны ресурсы по категории R_3 . На этом работы были приостановлены. В 2008—2010 гг. на новом этапе геологических изысканий россыпь была оконтурена и подсчитаны ее запасы по категориям C_1 и C_2 . В связи с возникновением интереса к этой россыпи актуальной

задачей является установление типоморфных особенностей кластогенного золота для определения типа возможных источников ее питания.

Геологическое строение и золотоносность хр. Манитаньрд изучались в разные годы многими геологами — Б. Я. Дембовским, К. Н. Севастьяновым, М. А. Шишкиным, Л. И. Ефановой и др. В структурном отношении Манитаньрдская брахиантиклиналь представляет собой антиклинальную складку, опрокинутую на северо-запад и отчасти надвинутую на Нияюскую синклиналь [2]. Ядра доуральских антиклинальных структур сложены вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями бедамельской серии (R_{3-4bd}), ядра синклиналей — песчаниками, метаалевролитами и сланцами енганепэйской свиты (R_4 -Ven).

Россыпь Естошор является долинной и примыкает к русловой¹. Цоколь россыпи представлен слан-

цами бедамельской серии, алевросланцами, метапесчаниками, порфиритами и метасоматитами енганепэйской свиты с согласными и секущими жилами кварца. Подстилающие породы залегают поперек простирания долины ручья. Высота цоколя над урезом воды меняется от 0.5 до 2.5 м.

Разрез аллювиальных отложений (снизу вверх) представлен слоем валунно-галечно-щебнистых образований со значительной долей неокатанных обломков подстилающих коренных пород в подошвенной части. Мощность слоя составляет 3.3 м. Выше располагается невыдержанный по простиранию слой курумника и маломощный (0.1 м) почвенно-растительный слой. Продуктивный пласт россыпи локализован в надплотиковом аллювии и в верхней разрушенной части коренных пород. Золото проникает в трещины плотика на глубину 1.6 м. Золотоносный

¹ Савельев В. П. и др. Отчёт по объекту: Поисковая оценка россыпной золотоносности в среднем течении ручья Естошор (горный массив Манитаньрд, Полярный Урал). Вуктыл, 2010 г.

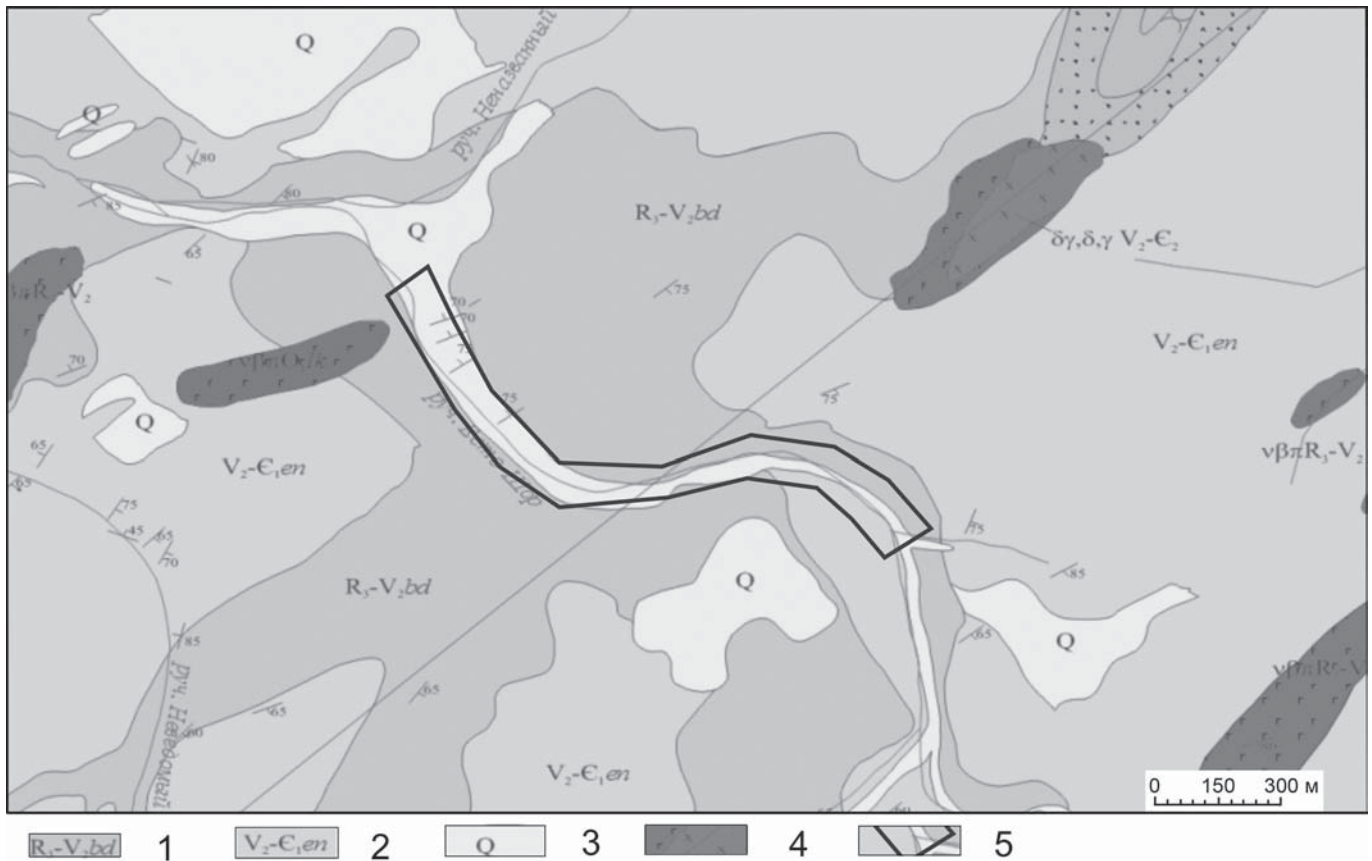


Рис. 1. Геологическое строение северной части хребта Манитанырд с примерным контуром россыпи Естошор (фрагмент карты по Л. И. Ефановой [2 и др.]):

1 — бедамельская серия, 2 — энганепэйская свита, 3 — четвертичные отложения, 4 — интрузивные образования леквожского и кызыгейского комплексов, 5 — контуры россыпи

пласт залегает на коренном днище с отдельными западинами — вероятно, следами древних протоков.

Характеристика россыпного золота

Нами исследованы четыре представительные пробы золота из шурфов одной из разведочных линий. Мы детально изучили 96 золотинок, 54 из них — не только с поверхности, но и в срезе искусственного шлифа — на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega-3 с энергодисперсионным спектрометром X-Max (аналитик С. С. Шевчук, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН). В результате установлены морфология, характер поверхности, состав и внутреннее строение золотинок, а также минеральные включения в них.

Изученное нами золото относится преимущественно к классу мелкого, размеры его частиц варьируются в пределах от 0.2 до 5 мм. На долю мелкого золота (0.25—1.0 мм) приходится 73 %, в значительно меньшем количестве присутствуют весьма мелкое золото (0.1—0.25 мм) — 13 %,

среднее (1.0—2.0 мм) — 10 % и крупное (>2.0 мм) — 4 %.

По морфологии различаются пластинчатые, комковатые, стержневидные и дендритовидные золотины (рис. 2). Преобладает пластинчатое золото (38 %) с толсто- и тонкопластинчатыми разновидностями. Комковатые золотины встречаются реже (29 %), они характеризуются как слабо удлиненной, так и изометричной формой. Стержневидное золото (20 %) представлено удлиненными сглаженными или слегка уплощенными выделениями. Сравнительно редки дендритовидные выделения (14 %).

Кластогенное золото в россыпи имеет разную степень окатанности. Примерно в равных количествах присутствует слабо- и среднеокатанное золото (50 и 48 % соответственно), только 2 % золотинок отнесено к неокатанным.

Наибольшая степень окатанности свойственна комковатым золотинам. Однако среди них изредка встречаются выделения с комковатым ядром и выступающим из него стержневидным отростком, отне-

сённые к слабоокатанным. Частицы стержневидной формы полностью вошли в класс среднеокатанных, так как обладают сглаженными очертаниями, а их небольшие выступы примяты. Пластинчатые золотины, как правило, имеют среднюю степень окатанности. Около трети из них сохраняют либо закругленные, но выступающие ответвления, либо ровные торцовые поверхности и четкие гексагональные очертания, что позволяет отнести их к слабоокатанным. Дендритовидные выделения, характеризующиеся угловатыми выростами, имеют слабую степень окатанности. Единичные дендритовидные золотины, у которых только тонкие ответвления сглажены механическими воздействиями, отнесены к неокатанным.

Электронно-микроскопические исследования показали, что поверхность золотинок преимущественно листоватая, сформирована чешуйками, развальцованными в процессе окатывания. На слабоокатанных зёрнах встречаются участки с ровной плотной поверхностью. Воздействие механических деформаций прояви-

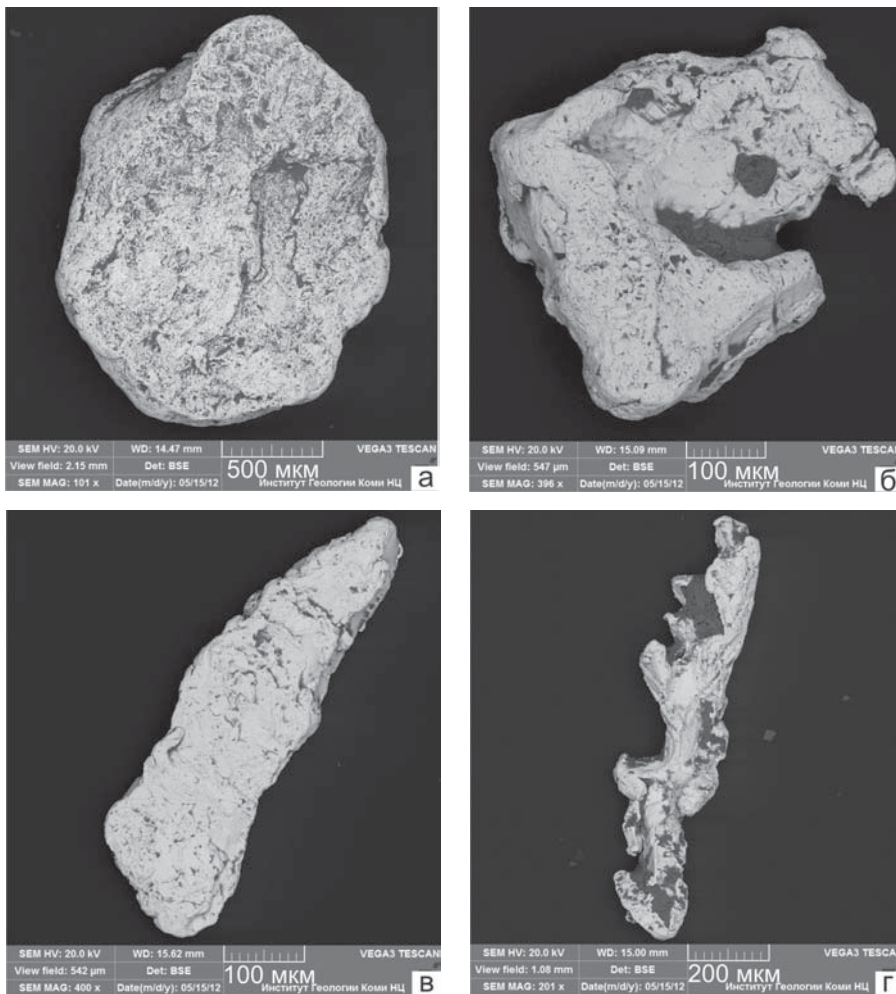


Рис. 2. Морфологические разновидности россыпного золота:

а — пластинчатое, б — комковатое, в — стержневидное, г — дендритовидное

лось в виде смятия мелких выступов, сгиба чешуек, появления наклёпа и следов волочения.

Среди элементов рельефа наиболее заметны отпечатки кристаллов и зёрен других минералов. Часто они имеют квадратное или прямоугольное очертание (предположительно отпечатки кристаллов пирита), но встречаются отпечатки с острыми углами (возможно, от кристалликов кварца или арсенопирита). Отмечаются многочисленные участки со ступенчатым строением (вероятно, реликты индукционных поверхностей). В них поверхность золота остаётся ровной, плотной. Нередко на поверхности золотин наблюдаются присыпки и примазки тонкодисперсного материала,

скрывающие рельеф.

Анализ химического состава золота проводился в срезе искусственного аншлифа в центральной части и по краю зерен. Содержание золота в золотилах колеблется от 65.0 до 100.0 мас. %. Основными элементами-примесями в золоте являются серебро и ртуть. Содержание серебра колеблется в широких пределах — от 0.25 до 31 мас. % в центре и от 0.04 до

27 мас. % по краю зёрен. Ртуть присутствует в 21 % золотин, её содержание варьируется от 0.7 до 8 мас. % в центральной части и от 0 до 6.5 мас. % по краю зёрен. От центра к краю золотин отмечается тенденция к уменьшению содержания примесей (таблица). По характеру распределения примесей можно выделить два типа золота — серебристое и серебристо-ртутистое (рис. 3).

Характерной особенностью золота в россыпи Естошор является неоднородность его строения и состава золотин. На всех золотилах установлены высокопробные оболочки толщиной от 1 до 80 мкм, как сплошные, так и прерывистые (рис. 4, а). На долю золотин с мощными высокопробными оболочками приходится около половины всех исследованных в срезах выделений. Наряду с перемьятыми каймами, неравномерными по глубине проникновения, встречаются обширные ровные оболочки, превышающие по толщине реликт первичного золота в центре частицы (рис. 4, б). Пробность золота повышается от центра к краю выделений (см. таблицу). Кроме того, в центральных частях некоторых зёрен наблюдаются межзерновые прожилки (рис. 4, в), преимущественно

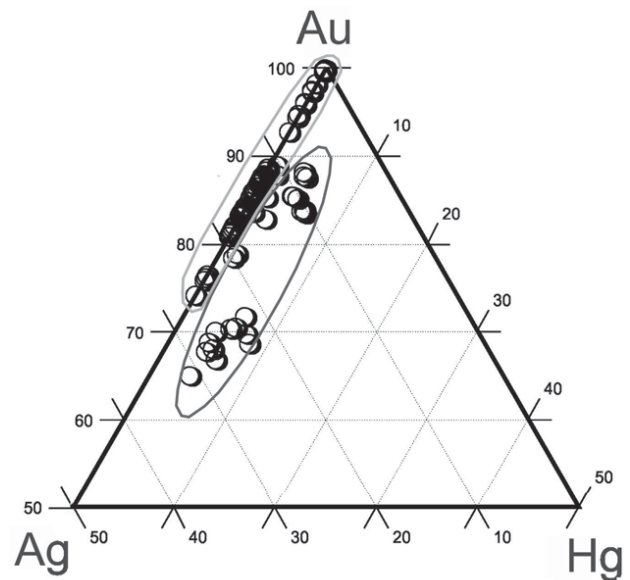


Рис. 3. Диаграмма состава золота россыпи Естошор

Средний химический состав золота из россыпи руч. Естошор, мас. %

Золотины	Число анализов	Au		Ag		Hg		Пробность, ‰	
		X _{ср}	S _x	X _{ср}	S _x	X _{ср}	S _x	X _{ср}	S _x
Центр	34	85.34	8.3	13.6	7.4	1.0	2.1	854	83
Край	34	93.10	7.3	6.5	6.9	0.3	1.1	931	73

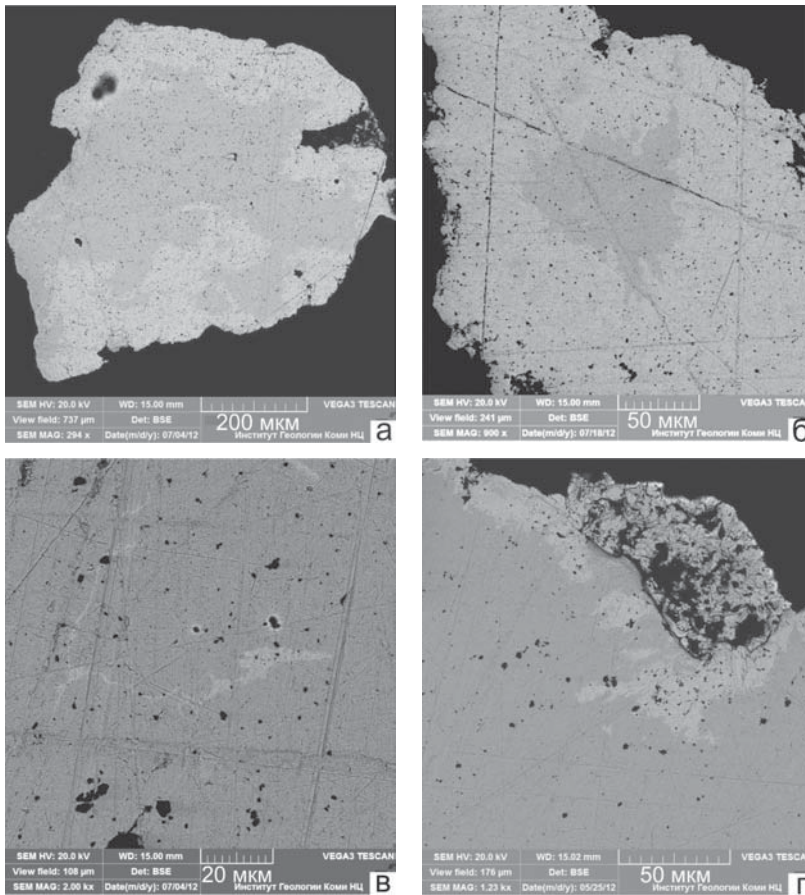


Рис. 4. Высокопробные оболочки (а — прерывистая, б — сплошная), межзерновые прожилки (в) в золотинах и пористое высокопробное золото (г)

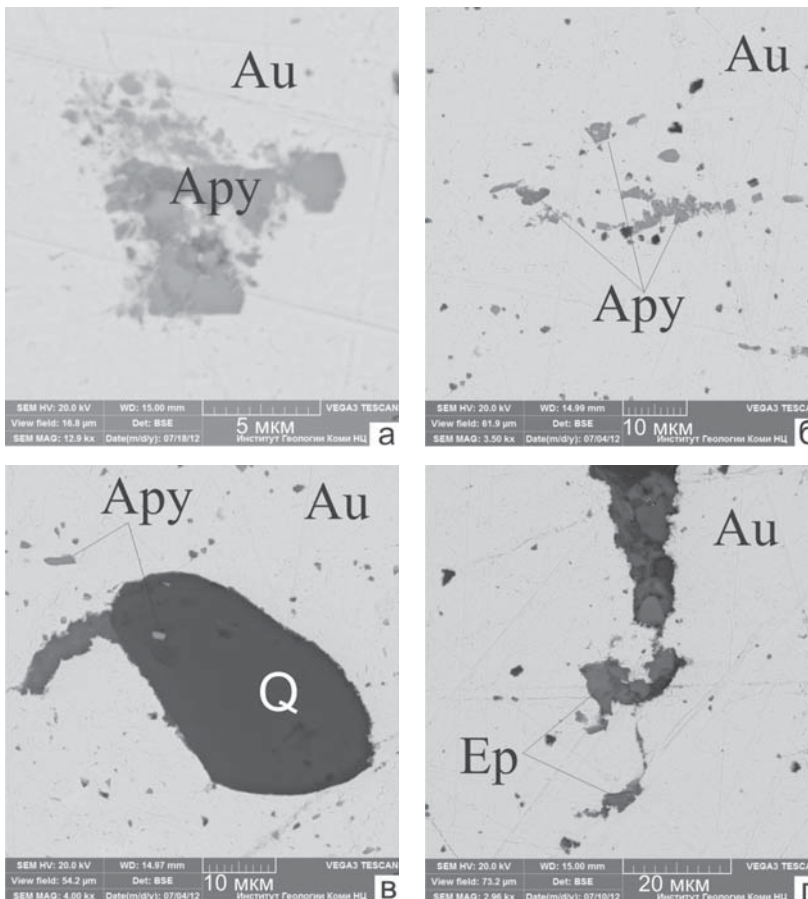


Рис. 5. Микровключения в золоте россыпи Естошор: а, б — арсенопирит, в — арсенопирит в кварце, г — эпидот

обеднённые и лишь в одном случае, наоборот, обогащённые серебром. В приповерхностной части золотин довольно часто отмечаются небольшие по площади пористые участки высокопробного золота, содержащие оксиды железа и глинистые минералы (рис. 4, г).

При электронно-микроскопическом изучении золотин внутри зёрен, в сростках с ними, а также в углублениях рельефа на их поверхности обнаружены многочисленные включения других минералов. В форме микровключений в золоте установлены арсенопирит, кварц и цериевый эпидот. Арсенопирит встречается в виде гипидиоморфных и изометричных выделений размером 5—7 мкм (рис. 5, а, б). Он присутствует не только непосредственно в золоте, но и в микровключении кварца в золоте (рис. 5, в). Обобщённая формула минерала: $Fe_{0.95-1.03}As_{0.93-1.02}S_{1.0-1.04}$. По арсенопиритовому геотермометру [11, 12] температура его образования 390—470 °С.

Из нерудных минералов в золоте обнаружены кварц и эпидот. Включения кварца размером от 2 до 25 мкм многочисленны и присутствуют практически во всех золотинах. Кроме того, отмечаются сростки кварца с золотом. В кварце не установлено других минеральных включений, помимо арсенопирита. Эпидот образует микровключения величиной 3—5 мкм (рис. 5, г) и представлен группой клиноцоизита. В части зёрен зафиксирована примесь Се (3—4 мас. %), La и Nd. Обобщённая формула минерала — $(Ca_{1.65-1.74}Ce_{0.08-0.12}La_{0.05-0.06}Nd_{0.04-0.07})_{1.8-2.0}(Al_{12.46-2.49}Fe_{0.58-0.59})_{3.07}(Si_{3.15-3.24}O_{11})O(OH)$.

Весьма часто углубления на поверхности золотин заполнены массой тонкодисперсных минералов, среди которых, по данным микрозондового анализа и расчета кристаллохимических формул, диагностированы кварц, плагиоклаз, хлорит, биотит, эпидот, рутил, калиевый полевой шпат, апатит, кальцит, каолинит, гидроксиды железа. В этой тонкодисперсной массе обнаружена густая вкрапленность субмикронных (100—200 нм) выделений новообразованного золота. Состав субмикронного золота высокопробный, в нем установлена примесь серебра и ртути [5].



Обсуждение результатов

Слабая окатанность значительной доли золотин, наличие на них отпечатков минералов и ровных плотных участков поверхности, а также присутствие неокатанных золотин говорят о незначительном отрыве россыпи от источника питания. Разнообразие морфологических типов золотин, а именно значительное количество (62 %) комковатых, стержневидных и дендритовидных выделений, также свидетельствует в пользу недалекого переноса кластогенного золота от коренного источника [9]. Таким образом, по типоморфным признакам золота россыпь Естошор относится к типу россыпей ближнего сноса.

Преобладание в россыпях ближнего сноса мелкого золота с присутствием некоторого количества золота более крупных фракций с определённой вероятностью может указывать на то, что коренное рудопроявление относится к золото-сульфидно-кварцевому или золото-мышьяковисто-сульфидному типу [8].

Вместе с тем ряд типоморфных особенностей говорит о возможном поступлении части золота из промежуточных коллекторов более ранних россыпей [10]. Наиболее существенным признаком неоднократного переотложения части золота в россыпи Естошор является развитие на золотилах высокопробных оболочек толщиной до 80 мкм, причем высокопробные каймы наблюдаются на всех зернах. Наличие утолщенных высокопробных оболочек многие исследователи связывают с длительными периодами покая россыпного золота, а их массивное строение, свойственное золоту более древних россыпей, — с процессом перекристаллизации [6, 9]. Переотложение золота с одного высотного уровня на другой, а также мобилизация золота в аллювиальном потоке способствуют возникновению пластических механических деформаций, что усиливает процесс коррозии [7]. Сохранение частью золотин россыпи Естошор зернистого строения, диагностируемого по выносу примесей из межзернового пространства, указывает на попадание золота в аллювий непосредственно из коренного проявления [10]. В качестве дополнитель-

ных признаков процесса переотложения части золота из промежуточных коллекторов можно указать относительно высокую долю золотин средней окатанности (48 %) и преобладание зерен уплощенной формы (около 58 %).

Как отмечалось выше, основными примесями в золоте россыпи Естошор являются серебро и ртуть, что позволяет выделить два геохимических типа золота: серебристое и серебристо-ртутистое. Обособление в серебристо-ртутистом золоте группы зерен с более низким содержанием Ag и Hg (рис. 3) также можно объяснить поступлением части золота из промежуточных коллекторов, в которых происходило его преобразование, сопровождавшееся выносом примесей. Примесь ртути в золоте месторождения Верхнеияуское-2 и других золотопроявлений Манитаньрдского рудно-россыпного района является типоморфным признаком золото-сульфидно-кварцевого (пирит-арсенопиритового) типа минерализации, в котором чётко выделяются серебристый и серебристо-ртутистый геохимические типы золота [4].

Вариации пробности золота в центре и по краю зерен весьма значительны — от 650 до 1000 ‰ (среднее 892 ‰). Преобладает (47 %) умеренно высокопробное (800—900 ‰) и весьма высокопробное (950—1000 ‰) золото — 37 % (рис. 6). Умеренно высокопробное золото, характерное для центральных частей золотин, вероятно, соответствует составу минерала в коренном источни-

ке. Оболочки представлены весьма высокопробным золотом.

Сравнивая пробность золота в центральной части зерен из россыпи Естошор с данными по коренным месторождениям хребта Манитаньрд [1], можно заметить, что по этому критерию естошорское золото сопоставимо с рудным золотом месторождения Верхнеияуское-2 и сильно отличается от золота кор выветривания проявления Нияхойское (рис. 6).

Прямым признаком, указывающим на минеральный тип коренного источника кластогенного золота россыпи Естошор, является наличие в нем многочисленных микровключений арсенопирита, установленные нами впервые. Они ассоциируются с микровключениями кварца и цериевого эпидота. По данным предыдущих исследователей, умеренно высокопробное золото на месторождении Верхнеияуское-2 характерно для ранней золото-пирит-арсенопиритовой стадии рудообразования [4], а в пирите этой стадии установлены микровключения цериевого эпидота [3].

Таким образом, по результатам проведенного нами исследования можно сделать следующие выводы:

1) россыпь Естошор является россыпью ближнего сноса, на что указывают такие типоморфные признаки золота, как слабая степень окатанности значительной доли золотин, наличие неокатанного золота, сохранение и разнообразие морфологических типов золотин;

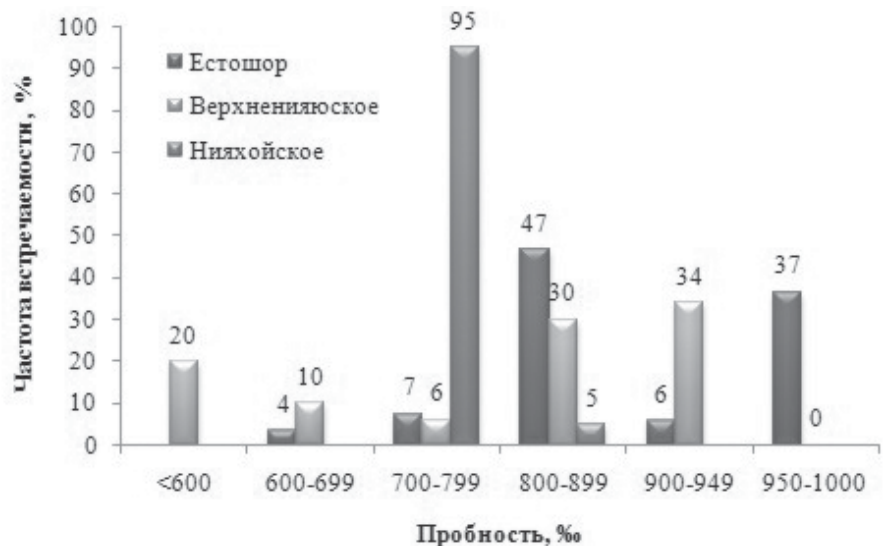


Рис. 6. Соотношение пробности россыпного и коренного золота поднятия Манитаньрд (данные по составу коренного золота по [1])



2) ассоциация микровключений арсенопирита, кварца и редкоземельного эпидота в золоте, его умеренная прощность, присутствие примеси ртути и мелкий класс размерности свидетельствуют о том, что источником питания россыпи Естошор служили проявления золотосульфидно-кварцевого типа, аналогичные месторождению Верхне-нияюское-2;

3) значительная доля золота средней степени окатанности, наличие мощных высокопробных оболочек на части золотин, существенное преобразование состава, сопровождавшееся выносом элементов-примесей, присутствие новообразованного золота позволяют предположить, что часть золота поступала в россыпь из промежуточных коллекторов, которыми могли быть древние аллювиальные отложения.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-С-5-1020, и проекта РФФИ_север_а №13-05-98820.

Литература

1. Артеева Т. А. Особенности золотого кор выветривания Нияюско-Нияхойского рудного поля (хр. Манитанырд, Полярный Урал) //

Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 18-й науч. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2009. С. 6—8.

2. Ефанова Л. И., Симакова Ю. С., Артеева Т. А., Донцов А. Б. Мезозойско-кайнозойские коры выветривания на хребтах Манитанырд и Енга-непэ // Геология Европейского Севера России. Сыктывкар, 2009. Сб. 7. С. 29—38.

3. Кетрис М. П., Юдович Я. Э., Филиппов В. Н. и др. Микрозондовое исследование гидротермальных пиритов из разреза Верхне-нияюского рудопоявления (хр. Манитанырд, Полярный Урал) // Минералогическая интервенция в микро- и наномир: Материалы Междунар. минералог. семина. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 176—179.

4. Кузнецов С. К., Майорова Т. П., Сокерина Н. В., Филиппов В. Н. Золоторудная минерализация Верхне-нияюского месторождения на Полярном Урале // Записки РМО, 2011. Ч. СХХХ. № 4. С. 58—71.

5. Майорова Т. П., Устюгова К. С., Курьлёва К. Г. и др. Наноразмерное золото в зоне гипергенеза // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2012. № 10 (214). С. 35—39.

6. Мурзин В. В., Малюгин А. А. Типоморфизм золота зоны гипергенеза (на примере Урала). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 96 с.

7. Николаева Л. А. Генетические особенности самородного золота как критерии при поисках и оценке руд и россыпей. М.: Недра, 1978. 101 с.

8. Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н., Яблокова С. В. Обобщённые признаковые модели самородного золота месторождений различных рудно-формационных типов // Руды и металлы, 2008. № 3. С. 62—68.

9. Петровская Н. В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 347 с.

10. Сапрыкин А. А., Яблокова С. В. Особенности внутренней структуры золота из древних россыпей Приамурья // Изв. Томского политехн. ин-та, 1970. Т. 239. С. 390—397.

11. Berglung S., Ekström T. K. Arsenopyrite and sphalerite as T-P indicators in sulfide ores from northern Sweden // Mineralium Deposita, 1980. V. 15. P. 175—187.

12. Kretschmar U., Scott S. D. Phase relations involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their application // Canadian Mineralogist, 1976. V. 14. № 3. P. 364—386.

Рецензент

д. г.-м. н. С. К. Кузнецов



Между небом и землей. Поляный Урал. Фото В. Салдина