DOI:10.47765/0869-7175-2023-10007 УДК 553.411.071+551.435.11+551.243.8 (470.57)
© Л. В. Шатилова, Н. Н. Позднякова, А. Н. Краснов, О. Ю. Рогова, 2023

Типоморфные признаки самородного золота россыпей Тарлауской площади (Южный Урал)

Исследованы типоморфные признаки самородного золота двух россыпей Тарлауской площади. Установлена миграция золотин как на более низкие гипсометрические уровни в коре выветривания, так и при переносе водными потоками. Комплекс изученных признаков позволяет свидетельствовать об отложении золота в единую стадию рудного процесса, предполагать в качестве коренного источника проявление золото-сульфидно-кварцевого рудно-формационного типа, а также отнести Тарлаускую и Муринскую россыпи к началу зоны рассеяния единой россыпи.

Ключевые слова: золото, типоморфизм, внутреннее строение, россыпь Тарлауская, россыпь Муринская, Южный Урал.

ШАТИЛОВА ЛЮДМИЛА ВИКТОРОВНА, старший научный сотрудник[1], shatilova@tsnigri.ru

ПОЗДНЯКОВА НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник[1], natali-silver@bk.ru

КРАСНОВ АНТОН НИКОЛАЕВИЧ, начальник отдела[1], krasnov@tsnigri.ru

РОГОВА ОЛЬГА ЮРЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, главный геолог[2], rolya69@mail.ru

[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

[2] ООО «Миасский прииск», г. Миасс

Typomorphic features of native gold in the placers of the Tarlau area (Southern Urals)

L. V. SHATILOVA[1], N. N. POZDNYAKOVA[1], A. N. KRASNOV[1], O. Yu. ROGOVA[2]

[1] Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

[2] LLC "Miassky priisk", Miass

Typomorphic features of native gold from two placers of the Tarlau area were studied. It was demonstrated that migration of the gold particles had been proceeded both through transition to lower hypsometric levels in the weathering crust and during transportation by water flows. The complex of the studied features allows one to testify for the gold deposition within a single stage of the ore process, to suggest that the primary source was represented by a gold-sulfide-quartz type occurrence, and to assign the Tarlau and Murin placers to the origin section of the scattering zone of a unified placer.

Key words: gold, typomorphism, internal structure, Tarlau placer, Murin placer, Southern Urals.

Введение. Изучение особенностей строения россыпей и типоморфизма россыпного золота в них неразрывно связано с поисками коренных золоторудных объектов. Анализ комплекса признаков самородного золота россыпей Тарлауская и Муринская в долине р. Урал позволяет предположить тип источников коренного золота и их местонахождение, а также установить их сохранность на уровне современного эрозионного среза.

В статье изучено изменение типоморфных признаков золотин в продольном профиле россыпей Тарлауская и Муринская в правом борту долины р. Урал, что позволило предположить наличие источников рудного золота как в верховьях, так и в средней части профиля.

Данные россыпи расположены на Тарлауской площади в верховьях долины р. Урал при впадении в р. Тарлау. Административно участок находится в муниципальном Учалинском районе Республики Башкортостан (рис. 1). В работе рассматриваются признаки золота двух россыпей – Тарлауской (БЛ 0–14) и Муринской (БЛ 82).

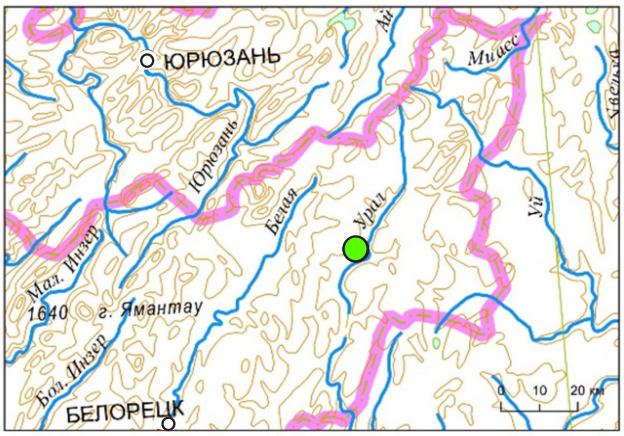


Рис. 1. Обзорная схема расположения участка россыпей Тарлауской площади (Учалинский район Республики Башкортостан):

зелёный кружок – россыпь Тарлауская

Геолого-геоморфологическое строение района и его золотоносность. В геологическом плане, по данным предшественников [1, 4, 6, 7], район приурочен к зоне сочленения западного крыла Магнитогорского мегасинклинория с Уралтауским антиклинорием и сложен метаморфическими образованиями верхнего протерозоя (рифея–венда), палеозоя (ордовика и девона), интрузивными породами среднего, основного и ультраосновного состава, мезозойскими корами выветривания, рыхлыми отложениями кайнозоя.

Современный рельеф района характеризуется многообразием форм геоморфологического строения, особенности которого выражены в разнообразии высотных отметок, сочетании крутых склонов с выровненными поверхностями. В этом районе традиционно выделяются орографические зоны восточного склона хр. Уралтау и хр. Мышагир (Ирендыкская зона), Миндякская эрозионно-структурная депрессия.

Миндякская эрозионно-структурная депрессия является широким (до 4,5 км) долинообразным понижением, параллельным основным разрывным и складчатым дислокациям палеойского заложения. Западная её граница близко совпадает с зоной Главного Уральского разлома, восточная – также контролируется тектоническим нарушением. Для депрессии характерны плосковершинные, иногда куполовидные формы возвышенностей, представляющие собой останцовые фрагменты денудационных планаций, разделённые понижениями долины, её днище местами занято заболоченными низинами. В формировании рыхлых отложений депрессии отмечаются два этапа. На первом этапе в плиоцене после длительной пенепленизации и мезозойского корообразования происходило образование конститутивного аллювия рек с малым продольным уклоном и грубообломочным аллювием с золотом боковых водотоков. С этими отложениями связаны россыпи Карашар, Тусту, Тарлауская, Муринская, с уклонами плотика, существенно отличающимися от современных уклонов в долине р. Урал. На втором этапе в четвертичном периоде произошла существенная перестройка речной сети, в результате чего четвертичные отложения налегают на более ранние рыхлые отложения с размывом, заполняя две погребённые террасы и современные долины. Золотоносность аллювия слабая, повышения её наблюдаются на участках, располагающихся у границ эрозионных врезов. Основная масса золота в четвертичные россыпи поступала за счёт размывов золотосодержащих более древних рыхлых отложений (промежуточных коллекторов). Промышленная золотоносность в аллювии среднего плейстоцена и частично позднего плейстоцена установлена в погребённых террасовых россыпях, перемытых за счёт ранее существовавших россыпей.

Для Миндякской депрессии отмечается пространственная связь россыпей золота с зонами развития гидротермально изменённых пород [1, 6]. На расположенном к юго-западу (в 7–10 км) и ниже по течению реки Урал Уразовском золоторудном поле известны россыпи (Террасовая-I, II, III, Уразовская, Жуковская I, II, Кызыл-Таш, Афонинская), а также золоторудные проявления Муранинское и Уразовское (золото-сульфидные), Батмакайское и Пучковское (золото-сульфидно-кварцевые), Кутуевское (бурые железняки зоны окисления по сульфидным рудам) [6]. На восточном фланге находятся месторождение Ново-Александровское (золото-сульфидное) [4] и золото-кварцевая жила Тарасовская [1]. На основании этих данных можно сказать, что коренная золотоносность в районе представлена золото-кварцевыми и золото-сульфидно-кварцевыми жилами и жильно-прожилковыми зонами в приконтактовой части интрузивных массивов диоритов [4, 7].

Россыпь Тарлауская расположена в приустьевой части левобережья р. Тарлау (см. рис. 2) [1, 7]. Она залегает в жёлобообразном понижении

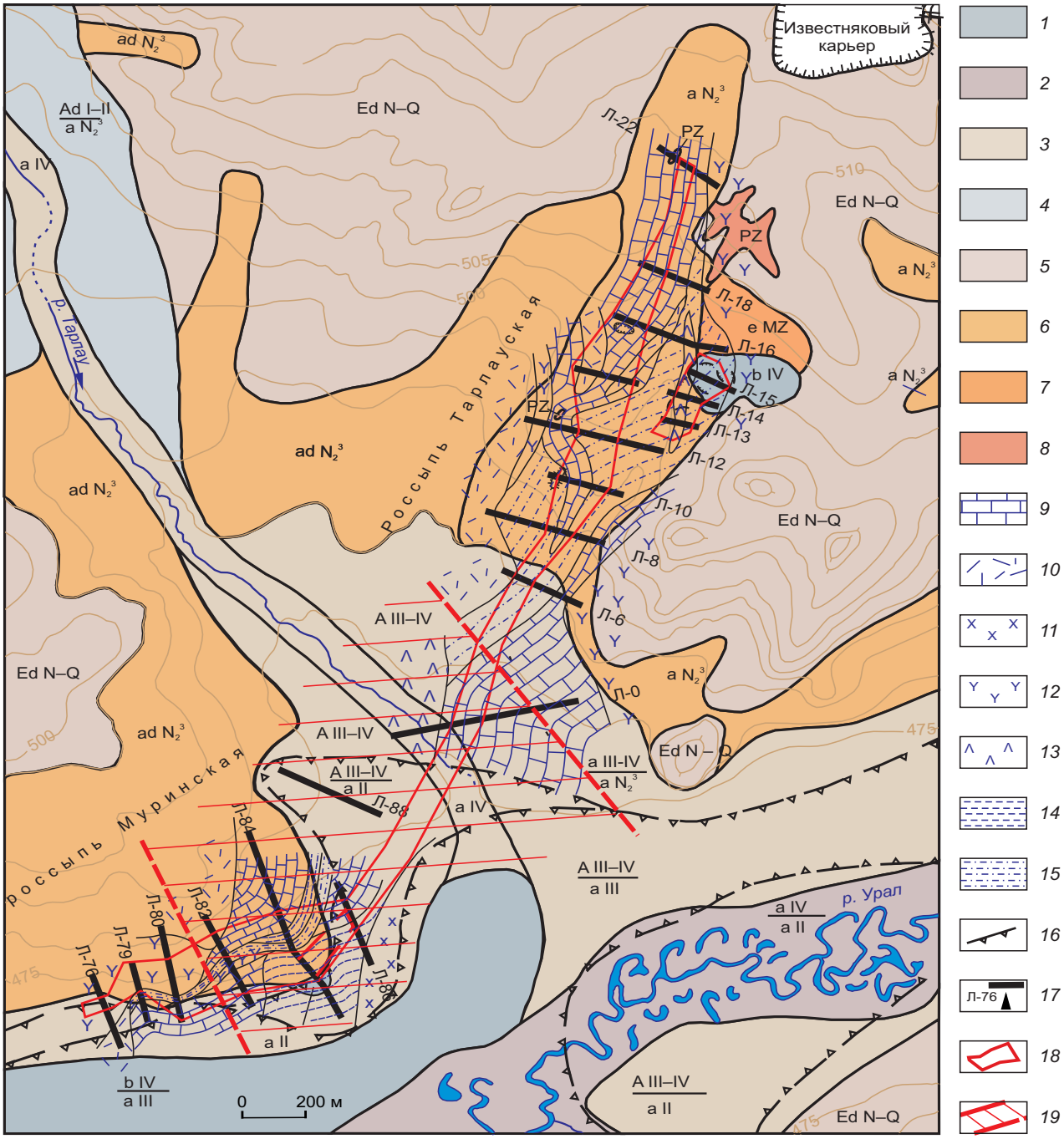


Рис. 2. Схематическая геологическая карта распространения россыпей в пределах Тарлауской площади *(по материалам ООО «Миасский прииск», 2021)*:

1–4 – четвертичные отложения: *1* – болотные отложения (b IV), *2* – русловой аллювий ручьёв и рек (a IV), *3* – аллювий пойм и русел (a II–IV), *4* – аллювий-делювий (ad I–II); *5* – элювий-делювий (ed N–Q); *6* – аллювий и аллювий-делювий плиоценового возраста (ad N_2^3); *7* – мезозойские коры выветривания (a MZ); *8* – палеозойские породы (PZ); *9–15* – крап пород плотика россыпей: *9* – известняки, *10* – кора выветривания, *11* – габбро-диориты, *12* – порфириты и их туфы, *13* – серпентиниты, *14* – песчаники, *15* – кремнистые сланцы; *16* – границы эрозионного четвертичного вреза, не выраженные в рельефе; *17* – линии бурения и их номера; *18* – контуры россыпей Тарлауская и Муринская (по материалам ООО «Миасский прииск», 2021); *19* – участок россыпи, перспективный на выявление рудной минерализованной зоны

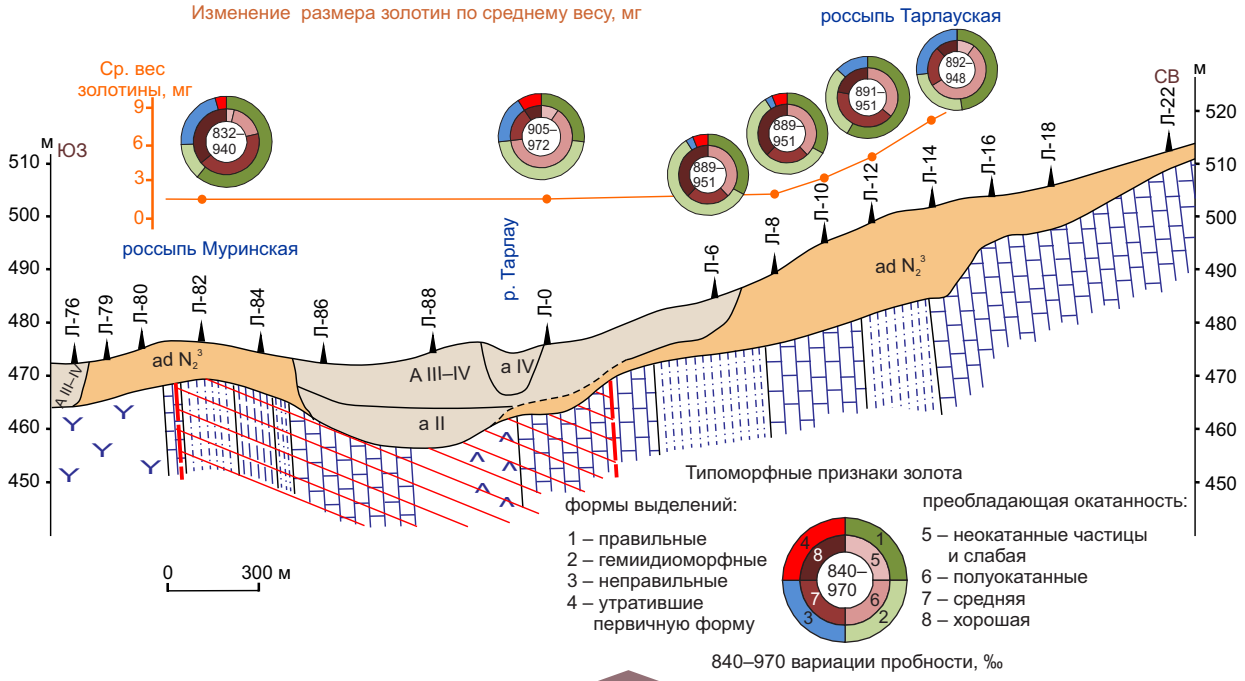


Рис 3. Продольный разрез россыпей Тарлауская–Муринская *(с использованием материалов В. Ф. Созинова, 2003)*:

см. услов. обозн. к рис. 2

в рельефе плотика субмеридиональной ориентировки, с выходами коренных пород в её бортах (рис. 3). Протяжённость россыпи (по старым сохранившимся отработкам) составляет около 1,5 км. По сведениям А. В. Кузнецова (1937), россыпь разрабатывалась в 1890–1901 и 1904 гг. открытым ручным «мускульным» способом. Было добыто 61,9 кг золота при среднем содержании на пласт 1,3 г/м^3.

Россыпь сложного геологического строения, делювиально-аллювиальная (ложковая), эоплейстоценового возраста, вложена в плиоценовую террасу. Геологический разрез рыхлых отложений россыпи Тарлауской по набору литологических признаков типичен для образований плиоцена (см. рис. 3).

Выделяются три основных горизонта. В основании разреза залегает аллювий, мощностью до 7 м, представленный жёлто-бурыми глинами с включениями гравийно-галечного материала (до 35 %) и валунов (до 15 %). В составе обломочного хорошо окатанного материала преобладают кварц, кварцитовидные сланцы, в переменных количествах (до 10 %) присутствуют железисто-марганцовистые образования. С жёлто-бурым слоем аллювия в россыпи связаны наибольшие концентрации золота. Выше на жёлто-бурый аллювий и местами на плотиковую поверхность налегает слой (до 6 м) плотных, трудномывких глин красно-коричневого цвета с включениями (до 10 %) гравийно-галечного и обломочного материала. Количество железисто-марганцовистого бобовника уменьшается по сравнению с подстилающим аллювием жёлто-бурого цвета. В целом золотоносность отложений ниже, чем в предыдущих, хотя в отдельных пробах отмечены высокие содержания золота. Верхняя слабозолотоносная часть разреза мощностью до 3 м представлена плотными, трудномывкими глинами тёмно-коричневого цвета, слабопесчанистыми, с включениями (до 20 %) гравийно-галечного материала, которая может залегать как на среднем, так и нижнем слоях. Железисто-марганцовистый бобовник встречается в небольших количествах.

На южном фланге россыпи в долине р. Тарлау плиоценовые отложения размыты и сохранились в останцовых формах, приуроченных к переуглублениям плотика, перекрыты отложениями верхнего плейстоцена, голоцена.

Плотик россыпи неровный с нечётко выраженными переуглублениями вдоль осевой части и поднятиями в бортах, сложен мраморовидными известняками, песчаниками, порфиритами, серпентинитами, глинистыми корами выветривания. Присутствие серпентинитов, участков рассланцевания, оталькованных пород свидетельствует о том, что россыпь находится в зоне влияния глубинного разлома.

Россыпь Муринская расположена в правом борту долины р. Тарлау, в 5,5 км к западу от с. Ильтибаново. Она делювиально-аллювиальная (ложковая) эоплейстоценового возраста, прорезает плиоценовую террасу и сопряжена с эоплейстоценовой аллювиальной толщей. В отвалах россыпи наблюдаются песчано-глинистые красноцветные образования с хорошо окатанной галькой и мелкими валунами кварца, кварцитов, кремнистых сланцев. В плотике вскрыты серпентиниты и известняки. Протяжённость разработок 500 м, ширина от 40 до 100–150 м, глубина залегания пласта, судя по отвалам, 5–6 м [1].

Строение россыпи Муринская близко строению россыпи Тарлауская с небольшими отличиями в деталях (см. рис. 3). Так, в нижнем аллювиальном горизонте В. Ф. Созиновым (2003) отмечается присутствие гальки, имеющей на поверхности тонкий слой красновато-бурого цвета, так называемый «загар», который объясняется жаркими условиями климата при формировании аллювия и косвенно указывает на древний возраст отложений. В составе обломочного материала присутствуют железисто-марганцовистые включения (до 10 %). С жёлто-бурым слоем аллювия в россыпи связаны наибольшие концентрации золота. Максимальная мощность отложений составляет 7 м [2].

Методика исследования. Исследования самородного золота проводились по методикам, разработанным в ФГБУ «ЦНИГРИ» [3, 5], по пробам золота из 6 буровых линий, пройденных по двум россыпям Тарлауской площади (БЛ 0, 8, 10, 12, 14, 82). Они включали изучение крупности золота, форм и степени их изменения, наличия сростков с другими минералами, характера поверхности, определение химического состава отдельных золотин и их внутреннего строения.

Распределение содержаний Au и Ag в отдельных золотинах и определение состава и концентрации элементов-примесей в них определялись при помощи рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) в ИГЕМ РАН (аналитик Е. В. Ковальчук). Для изучения внутреннего строения золота на тех же образцах было проведено многократное структурное травление раствором CrO_3 + HCl. В реагенте HCl играет роль сильного окислителя, а CrO_3 является комплексообразователем, который необходим для подавления реакции восстановления окисленного в процессе травления золота.

Результаты исследований. Описание проводится по телу россыпи *Тарлауская* по буровым профилям от верховьев вниз по течению.

В верховьях россыпи (БЛ 14) исследованы 24 знака золота общей массой 184,9 мг, средний вес которых составил 7,7 мг (см. таблицу). Размер золотин варьирует от 0,5 до 3,6 мм (по длинной оси).

Широко распространены трещинные и гемиидиоморфные частицы при преобладании искажённых кристаллов, их сростков с признаками скелетного роста, дендритоидов. Интерстициальные и комковидные золотины редки (рис. 4, см. таблицу). Золото полуокатанное при заметной роли среднеокатанного, встречаются хорошо и слабоокатанные разности. Единичные золотины имеют первично оглаженные формы, с округлыми выступами и гранями (результат метасоматического роста или формирования в мягких породах), которые придают частицам псевдоокатанный облик. Поверхность выделений ямчато-бугорчатая и относительно ровная, шероховатая. В грубых отпечатках от вмещающих минералов сохраняются скопления гидроксидов железа и единичные включения ожелезнённого кварца.

Пробность остаточного золота колеблется в пределах 892–948 ‰, коррозионной оболочки – 981–999 ‰. В составе частиц отмечаются постоянная примесь (мас.%) Hg (0,23–2,44), спорадические – Cu (0,13–0,24), Te (0,1) и Bi (0,14–0,16).

По внутреннему строению и химическому составу выделяются две разновидности золота, образующие самостоятельные выделения (рис. 5). Для Au-1 характерна разнозернистая двойниковая структура, с тонкой фазовой неоднородностью, проявлениями рекристаллизации, реже деформаций, что свидетельствует о посткристаллизационных преобразованиях золота на большой глубине под влиянием процессов метаморфизма. Структура Au-2 отличается неяснозернистым пятнисто-неоднородным деформированным строением.

Коррозия золотин слабая или редко умеренная, отсутствующая в углублениях их поверхности; в структуре золотин наблюдаются редкие межзерновые высокопробные прожилки и коррозионная

Признаки самородного золота россыпей Тарлауской площади и их изменчивость

Россыпь				Тарлауская	
Буровая линия				14	12
Число знаков Au				24	18
Масса общая, мг				184,9	87,9
Масса средняя одного знака золота, мг				7,7	4,8
Размер по длинной оси, мм				0,5–3,6	0,25–3,3
Морфогенетические типы и виды	Сохранившиеся первичные формы	Правильные	кристаллы	21	26
			сростки кристаллов, дендритоиды	27	32
		Неправильные	трещинно-прожилковые	21	10
			цементационные	2	3
			интерстициальные	2	
		Смешанные (гемиидиоморфные)		27	29
	Утратившие первичные формы		лепёшковидные		
			каплевидные		
Окатанность	неокатанное и плохо окатанное			10	
	полуокатанное			56	36
	среднеокатанное			22	42
	хорошо и идеально окатанное			12	22
Характер поверхности золотин				Ямчато-бугорчатая и относительно ровная	
Коррозия / выщелачивание				Слабая и умеренная, в углублениях отсутствует	Слабая, в углублениях отсутствует / редко интенсивное
Пробность, ‰				892–948	891–951
Элементы-примеси по РСМА, в мас.%				Hg (0,23–2,44), спорадически – Cu (0,13–0,24), Te (0,10) и Bi (0,14–0,16)	Hg (0,34–2,53), спорадически – Cu (0,16–1,36), Te (0,11)
Структура золотин				Две самостоятельные разновидности золота. Au-1 (часто) – разнозернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью и проявлением рекристаллизации, реже деформаций. Au-2 – неясно-зернистой пятнисто-неоднородной структуры с признаками деформации	Две самостоятельные разновидности золота. Au-1 – разнозернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью и проявлением рекристаллизации, иногда дезинтеграции и начальной грануляции. Au-2 – пятнисто-неоднородной рекристаллизованной структуры
Сростки / плёнки				Спорадически – фрагментарные примазки гидроскидов железа	
Гипергенные преобразования				Слабые и умеренные. В структуре в виде редких межзерновых высокопробных прожилков и коррозионной каймы зародышевой или фрагментарной, мощностью до 0,02 мм, тонкозернистого строения, часто рекристаллизованной	Слабые. В структуре в виде высокопробной коррозионной каймы зародышевой, фрагментарной (0,01 мм), иногда сплошной (0,02 мм), тонкозернистого строения, часто рекристаллизованной

Тарлауская			Муринская
10	8	0	82
24	27	11	51
80,7	50,6	17	78
3,3	1,8	1,5	1,5
0,3–2,7	0,4–1,7	0,3–2,0	0,15–3,0
40	30	27	37
12	3		24
4	3	18	20
8			
			2
36	58	46	13
	3	9	4
	3		
		9	4
25	38	64	17
50	24	18	43
25	38	9	36
Ямчатая и относительно ровная		Ровная, оглаженная	У слабоокатанных – мелкоямчатая, у окатанных – выровненная
Умеренная, в углублениях иногда отсутствует	Умеренная	Умеренная / часто интенсивное	
872–946	889–951	905–972	832–940
Hg (0,25–1,84), единично – Cu (0,23) и Te (0,13)	Hg (0,33–1,69), единично – Cu (0,16–0,19), Bi (0,14), Te (0,1)	Hg (0,94–1,84), единично – Cu (0,74) и Te (0,10)	Hg (0,17–1,34), спорадически – Cu (0,14–0,97), Te (0,10–0,13)
Две разновидности золота. Au-1 (преобладает) – 898–946‰, моно-кристальной и разнозернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью, со следами деформации и рекристаллизации. Au-2 (самостоятельные выделения и срастания с Au-1) – 877–916 ‰, пятнисто-неоднородной структуры, с признаками деформаций и начальной рекристаллизации	Структура Au зернистая двойниковая, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками деформаций или частичной рекристаллизации. В единичном случае на периферии выявлена фрагментарная зона пятнисто-неоднородного строения	Две разновидности золота. Au-1 – моно-, разнозернистое строение, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками рекристаллизации и деформации. Au-2 (в виде нарастаний по периферии Au-1 или реликтов в глубоко корродированных золоти-нах) – пятнисто-неоднородной структуры	Две разновидности золота. Au-1 (редко) – 908–940 ‰, неясно-зернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками деформаций. Au-2 (преобладает, как самостоятельные выделения, так и отлагаясь по границам зёрен Au-1) – структура неясно-зернистая, иногда двойниковая, пятнисто-неоднородная и неясно-зональная, с признаками деформаций и рекристаллизации
и включения кварца; микровключения – кварца			
		Микровключения – пирита, галенита, кобальтина, герсдорфита	
Слабые и средние. В структуре Au-1 в виде высокопробной коррозионной каймы (до 0,1–0,2 мм) с признаками перекристаллизации	Слабые. В структуре Au в виде межзерновых высокопробных обособлений и коррозионной каймы мощностью до 0,02 мм, тонкозернистого строения, прерывистой, тонкой, с раздувами, возможно истёртой на выступах	Слабые, средние и сильные. В структуре Au в виде как тонкой высокопробной коррозионной каймы, так и более мощной, вплоть до 100% замещения первичного золота	Слабые. В структуре в виде редких тонких межзерновых высокопробных прожилков и коррозионых кайм тонкозернистого строения, сплошных, реже прерывистых (0,02–0,05 мм с раздувами до 0,07–0,12 мм)

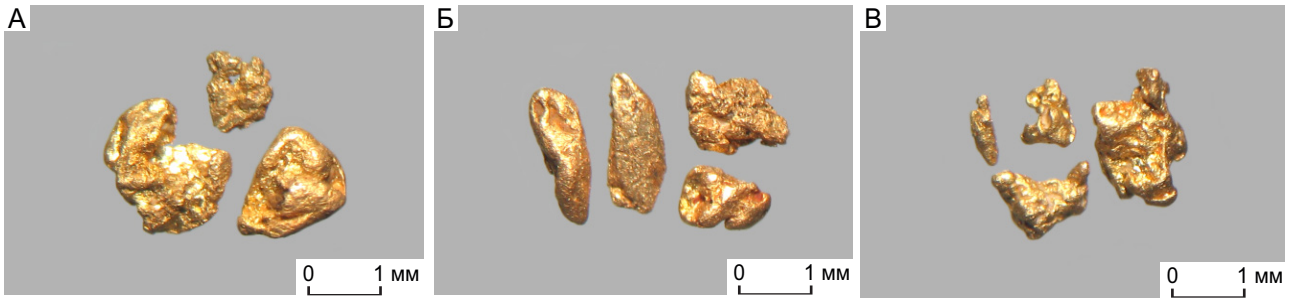


Рис. 4. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 14:

А – средней окатанности уплощённый кристалл (справа), полуокатанные трещинно-прожилковая и гемиидиоморфная частицы; Б – средне-хорошо окатанные кристаллы с гладкой поверхностью и слабоокатанная трещинно-прожилковая частица с ямчато-бугорчатой поверхностью; В – полу- и среднеокатанные удлинённый кристалл, пластинчатые дендритовидные и гемиидиоморфная частицы, с относительно ровной поверхностью, с отпечатками вмещающих минералов, придающими ямчатый вид

кайма: зародышевая и фрагментарная, маломощная (до 0,02 мм), тонкозернистого строения, часто рекристаллизованная (см. рис. 5), что обусловлено пребыванием золота некоторое продолжительное время в гипергенных условиях в состоянии покоя после высвобождения из руд и незначительной дальности переносом от коренного источника.

Ниже по россыпи на южном фланге (БЛ 12) исследованы 18 знаков золота общей массой 87,9 мг, средний вес которых составил 4,8 мг (см. таблицу). Размер золотин по длинной оси варьирует от 0,25 до 3,3 мм.

Сохраняются морфология и гранулометрические характеристики остаточного золота, вариации пробности, коррозионной оболочки частиц, набор и концентрации элементов-примесей (рис. 6). Отмечается увеличение роли хорошо окатанного золота, появляется больше золотин с относительно ровной поверхностью с признаками умеренной коррозии и выщелачивания, отсутствующих в пустотах от выкрашивания вмещающих минералов,

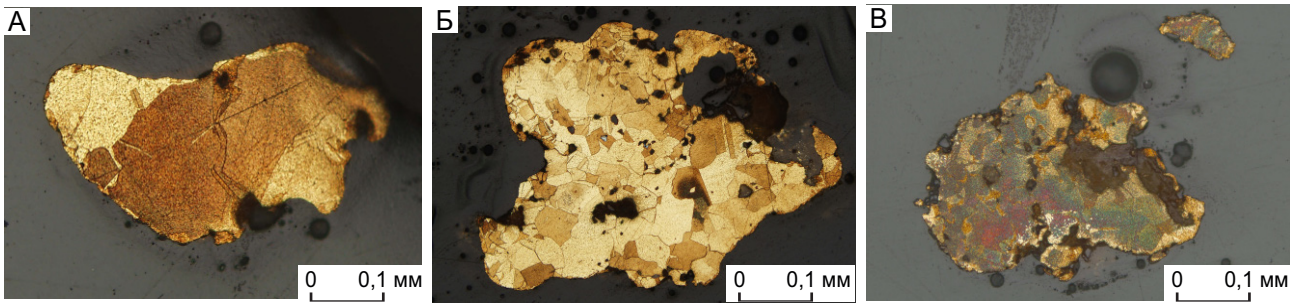


Рис. 5. Внутреннее строение золотин россыпи Тарлауская по буровому профилю 14:

А – двойниковая структура золота с признаками эпигенетических преобразований (тонкая фазовая неоднородность, проявления начальной перекристаллизации), тонкой прерывистой коррозионной оболочкой; Б – полигонально-зернистая с элементами грануляции структура перекристаллизованного золота с тонкими межзерновыми высокопробными прожилками и прерывистой коррозионной оболочкой; В – разнозернистая пятнисто-неоднородная структура золота с развитием гипергенных высокопробных межзерновых прожилков и зародышевой коррозионной оболочкой. Монтир. полир. шлиф, травление CrO_3 + HCl

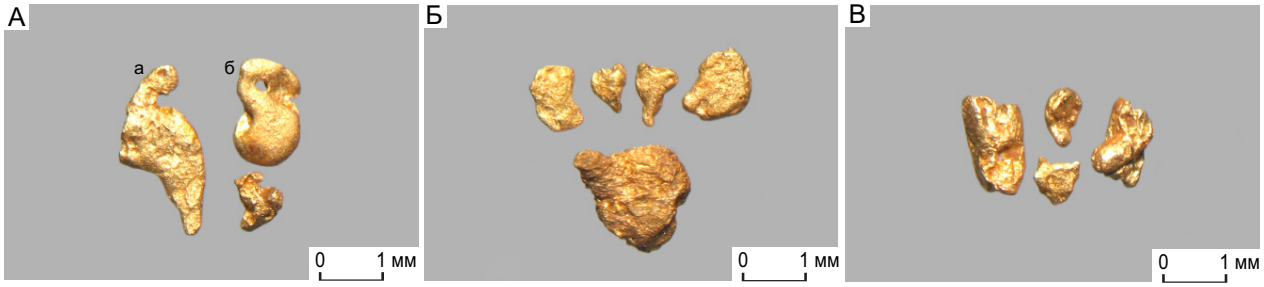


Рис. 6. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 12:

А – средней окатанности плоский сросток удлинённых кристаллов с корродированной шагреневой поверхностью (а), хорошо окатанный сросток пластинчатых кристаллов и гемиидиоморфная золотина с ячеисто-бугорчатой поверхностью (б); Б – средней окатанности уплощённые кристаллы с признаками расщеплённого роста, неясновыраженный кристаллический сросток и хорошо окатанная тонкопластинчатая золотина, с относительно ровной и мелкозанозистой, корродированной поверхностью; В – хорошо и среднеокатанные искажённые кристаллы и гемиидиоморфные частицы

что выражается в структуре частиц в виде тонкозанозистого края и частично истёртой на выступах коррозионной оболочки и свидетельствует о перемещении частиц золота (см. рисунки 6, 7).

По внутреннему строению и химическому составу также установлены самостоятельные выделения Au-1 с проявлением рекристаллизации, иногда признаками дезинтеграции и начальной грануляции и Au-2, отличающееся пятнисто-неоднородным строением, с признаками рекристаллизации (см. рис. 7). В целом изменения в структуре обеих разновидностей золотин свидетельствуют о более интенсивных пострудных эндогенных процессах на этом участке.

Гипергенные преобразования проявлены в виде редких межзерновых высокопробных прожилков и разной мощности (0,01–0,07 мм) коррозионных кайм: фрагментарных зародышевых и сплошных

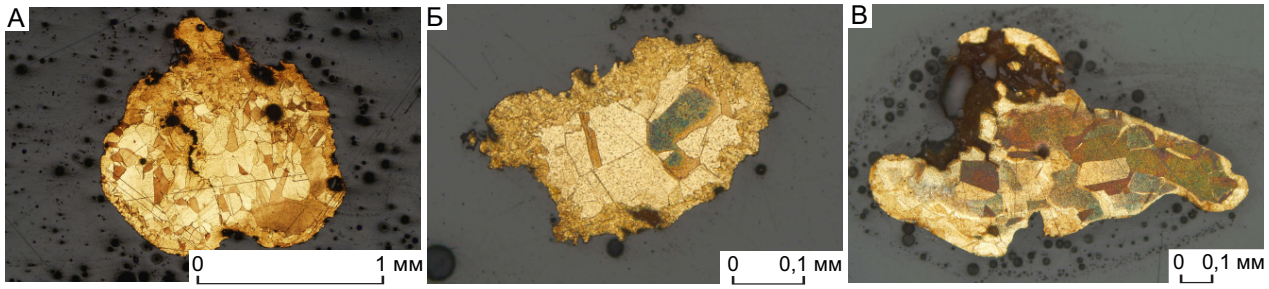


Рис. 7. Внутреннее строение золотин россыпи Тарлауская по буровому профилю 12:

А – глубоко рекристаллизованное остаточное золото с межзерновыми высокопробными прожилками и перекристаллизованной коррозионной оболочкой неравномерной мощности; Б – срастание золота зернистой структуры с проявлениями тонкой фазовой неоднородности и начальной рекристаллизации с золотом неясно-зернистой пятнисто-неоднородной; гипергенные преобразования в виде редких тонких межзерновых высокопробных прожилков и сплошной коррозионной оболочки тонкозернистого строения, с проявлением выщелачивания; В – золото рекристаллизованное пятнисто-неоднородной структуры, с развитием межзерновых высокопробных прожилков и фрагментарно – коррозионного слоя. Монтир. полир. шлиф, травление CrO_3 + HCl

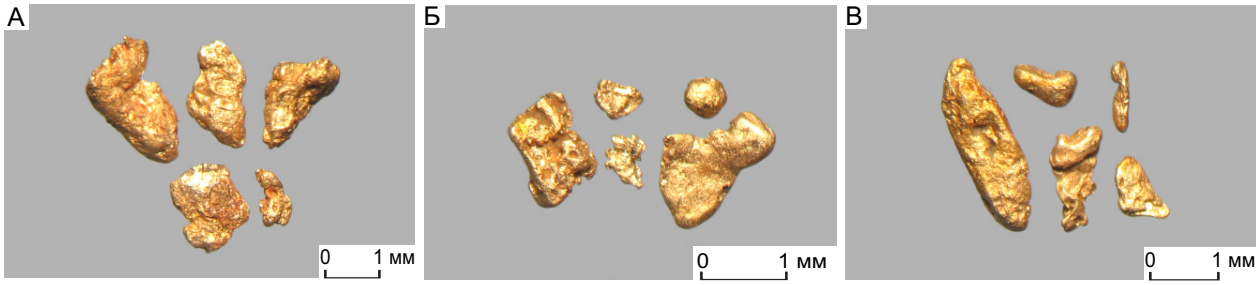


Рис. 8. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 10:

А – средне- и полуокатанные гемиидиоморфные и трещинно-прожилковые частицы и неясновыраженный сросток кристаллов; Б – хорошо окатанные изометричный кристалл и сросток пластинчатых кристаллов (справа), неравномерно окатанные пластинчатый кристалл и гемиидиоморфные золотины с ямчатой поверхностью (слева); В – средне- и хорошо окатанные удлинённые и пластинчатый кристаллы и полуокатанная гемиидиоморфная частица

с раздувами, часто тонкозернистого рекристаллизованного строения, что указывает на длительность нахождения золота в состоянии покоя после его миграции (см. рис. 7).

По мере удаления от верховья россыпи (БЛ 10) размер золотин незначительно уменьшается (0,3–2,7 мм по длинной оси при среднем весе 3,3 мг) и увеличивается роль частиц класса крупности -1+0,5 мм. Исследованы 24 знака золота общей массой 80,7 мг (см. табл. 1).

По форме преобладают кристаллы (изометричные, пластинчатые до палочковидных), их неясно выраженные сростки и гемиидиоморфные разности (рис. 8, см. таблицу). Золото преимущественно средней окатанности при близких количествах хорошо и полуокатанного. Поверхность частиц относительно ровная и ямчатая, с умеренно корродированными участками, в том числе и в отпечатках от минералов. Наблюдаются удлинённые кристаллические сростки и округлые кристаллы с первично оглаженной ровной поверхностью с фрагментарно проявленной микробугорчатостью, со слабовыраженными признаками изменения в экзогенных условиях.

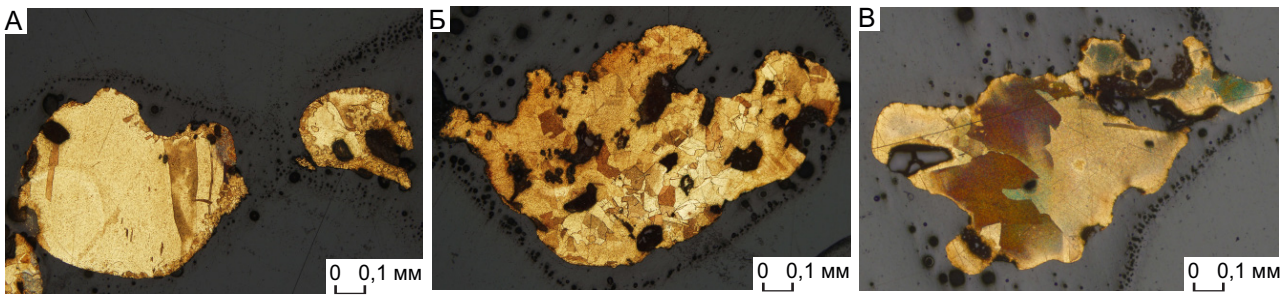


Рис. 9. Внутреннее строение золотин россыпи Тарлауская по буровому профилю 10:

А – эндогенные деформации двойников в остаточном золоте с тонкой фазовой неоднородностью и прерывистая перекристаллизованная коррозионная оболочка; Б – неравномерно проявленная рекристаллизация остаточного золота и коррозионная оболочка значительной мощности со следами перекристаллизации; В – срастание золота с тонкой фазовой неоднородностью и золота пятнисто-неоднородного строения, с признаками начальной перекристаллизации и диффузионных преобразований. Единичные тонкие межзерновые высокопробные прожилки и тонкая, локальная коррозионная оболочка. Монтир. полир. шлиф, травление CrO_3 + HCl

Разброс пробности золотин и коррозионной оболочки немного шире, чем у золотин описанных выше (872–946 и 968–999 ‰ соответственно). Уменьшается количество примеси (мас.%) Hg (0,25–1,84), а Cu (0,23) и Te (0,13) отмечены в единичных замерах.

По внутреннему строению и химическому составу сохраняется присутствие двух разновидностей золота (рис. 9). Как и в верховье преобладает Au-1 пробности 898–946 ‰ монокристаллической и разнозернистой структур, с тонкой фазовой неоднородностью, в различной степени проявленными следами постэндогенных преобразований (деформацией двойниковых швов, рекристаллизацией частиц). Отличительная особенность – наличие не только самостоятельных форм Au-2, но и присутствие его срастаний с Au-1. Для этого золота типичны пробность 877–916 ‰ и пятнисто-неоднородная структура, с признаками деформаций и начальной рекристаллизации, по периферии развитой диффузионной зоной, обеднённой Ag.

Преобразования золота в гипергенных условиях различны. Слабые – выражены в структуре частиц наличием межзерновых высокопробных прожилков и тонкой зародышевой или сплошной коррозионной каймы. Для более интенсивных преобразований характерна высокопробная кайма мощностью до 0,1–0,2 мм, с признаками перекристаллизации и выщелоченным пористым краем (см. рис. 9).

При удалении от верховья россыпи для золота из БЛ 8 свойственно уменьшение среднего веса частиц (1,8 мг) и их размера (0,4–1,7 мм по длинной оси). Исследованы 27 знаков золота общей массой 50,6 мг (см. таблицу). На фоне правильных (кристаллы изометричные, удлинённые, их сростки, с расщеплённым ростом) и гемиидиоморфных разностей выделяются утратившие первичную форму – лепёшковидные, каплевидные золотины, а также первично оглаженные разности (рис. 10, см. таблицу). При заметной роли среднеокатанного золота отмечаются как хорошо, так и полуокатанные частицы, для которых типична и относительно ровная микробугорчатая поверхность, и корродированная ямчато-ячеистая, в углублениях которой сохраняются редкие агрегаты гидрослюд, мелкие включения окисленных сульфидов, примазки гидроксидов железа.

Сохраняются вариации пробности золотин (889–951 ‰) и коррозионной оболочки (975–999 ‰), а среди элементов-примесей, помимо постоянной Hg, в единичных замерах отмечены Cu, Te и Bi.

При травлении золота проявляется его зернистое двойниковое внутреннее строение, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками деформаций или частичной рекристаллизации – Au-1 (рис. 11). В структуре единичного знака выявлена фрагментарная зона пятнисто-неоднородного строения.

Гипергенные преобразования проявлены в виде межзерновых высокопробных обособлений и коррозионной каймы тонкозернистого строения, мощностью до 0,02 мм с раздувами (до 0,07 мм), прерывистой, истёртой на выступах (см. рис. 11).

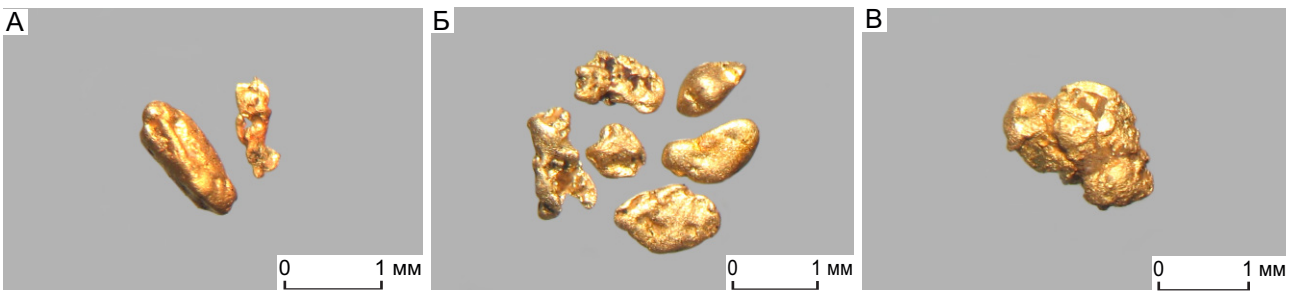


Рис. 10. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 8:

А – средней окатанности удлинённый кристалл и полуокатанная гемиидиоморфная частица комковидно-удлинённого облика; Б – хорошо окатанные кристаллы с ровной поверхностью и полуокатанные гемиидиоморфные золотины с включениями окисленных сульфидов на ямчатой поверхности; В – полуокатанный неясновыраженный сросток изометричных кристаллов



Рис. 11. Внутреннее строение золотин россыпи Тарлауская по буровому профилю 8:

А – деформированная двойниковая структура золота с тонкой фазовой неоднородностью и прерывистой корозионной оболочкой тонкозернистого строения; Б – полигонально-зернистая структура перекристаллизации золота с тонкой фазовой неоднородностью, межзерновыми высокопробными прожилками и зародышевой кор-розионной оболочкой; В – фрагментарная рекристаллизованная коррозионная оболочка на остаточном золоте зернистой структуры с признаками начальной эндогенной перекристаллизации (тонкая фазовая неоднородность, обрывающиеся двойники). Монтир. полир. шлиф, травление CrO_3 + HCl

На южном фланге в нижней части россыпи Тарлауская (БЛ 0) крупность и количество частиц золота заметно уменьшаются, преобладающим становится класс крупности -0,5+0,25 мм при среднем весе золотины 1,5 мг и размере 0,3–2,0 мм (по длинной оси). Исследованы 11 знаков золота общей массой 17 мг (см. таблицу).

По форме преобладают уплощённые кристаллы, тонкопластинчатые, гемиидиоморфные (часто с элементами дендритного или расщеплённого роста) полу- и средней окатанности и лепёшковидные золотины (рис. 12, см. таблицу). Характер поверхности золота отличается преимущественно выровненным, оглаженным рельефом, с уплотнённым коррозионным слоем, приобретённым в результате перемещения в условиях россыпей. У уплощённых разностей края частиц нередко имеют фестончатый с заливами контур. В то же время отмечаются слабоокатанные золотины с изъеденной, интенсивно выщелоченной поверхностью.

Золото данной части россыпи по пробности и содержанию элементов-примесей в целом не отличается от описанного выше.

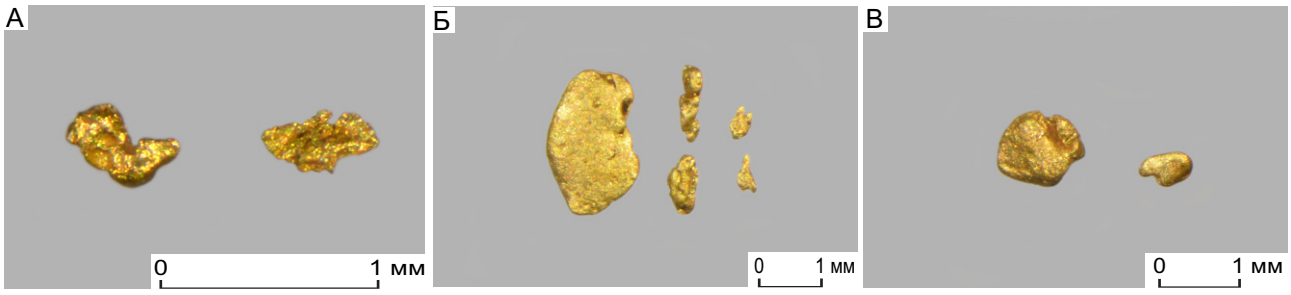


Рис. 12. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Тарлауская по буровому профилю 0:

А – полуокатанная гемиидиоморфная (слева) и слабоокатанная трещинно-прожилковая (справа); Б – хорошо окатанные лепёшковидные и полуокатанные гемиидиоморфные; В – средней окатанности уплощённые кристаллы с элементами расщеплённого роста с рыхлой (слева) и уплотнённой (справа) коррозией

По внутреннему строению и химическому составу выделяется преобладающее Au-1 моно-, разнозернистой структуры, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками рекристаллизации и деформации и Au-2 пятнисто-неоднородной структуры. Последнее присутствует в виде нарастаний по периферии Au-1 или самостоятельных выделений как реликтов в глубоко корродированных золотинах (рис. 13).

На данном участке признаки преобразования золота в гипергенных условиях выражены в развитии высокопробной коррозионной каймы – как остаточной тонкой за счёт истирания при миграции у пластинчатых и лепёшковидных разностей, так и мощной (вплоть до 100 % замещения первичного золота) у менее окатанных тонких частиц (см. рис. 13).

В целом в россыпи Тарлауская золото среднее по размерам, крупность и средний вес золотин закономерно уменьшаются вниз по россыпи. В этом же направлении увеличиваются уплощённость и окатанность (до хорошей) и появляются утратившие первичную форму лепёшковидные частицы.

Встречаются частицы с признаками постепенного неравномерного высвобождения от сростков при перемещении по долине, с одной стороны, хорошо окатанные, корродированные и, с другой, слабоокатанные, с зародышевой коррозией. В то же время в низовьях россыпи (БЛ 0) появляется золото слабой окатанности, но также со следами преобразования в гипергенных условиях.

По внутреннему строению выделяются две разновидности золота: Au-1, наиболее распространённое в верхней части россыпи, и Au-2, часто встречающееся в низовьях.

По правому борту р. Тарлау, как бы на продолжении россыпи Тарлауская, расположена россыпь *Муринская*, из которой изучено золото по БЛ 82.

На исследование поступил 51 знак золота общей массой 78 мг, средний вес которых составил 1,5 мг (см. таблицу). Размер частиц варьирует 0,15–3,0 мм (по длинной оси) с преобладанием класса крупности -0,5+0,25 мм.

В этой части россыпи золотины различаются как степенью окатанности (от слабой до хорошей), так и формой выделений. При заметной роли гемиидиоморфных и пластинчатых разностей широко распространены уплощённые удлинённые кристаллы, в том числе с расщеплённым ростом, их сростки с первично округлёнными гранями (рис. 14, см. таблицу).

У более окатанных разностей наблюдается выровненный рельеф, уплотнённая матовая поверхность, у слабоокатанных – мелкоямчатый, в углублениях отмечаются редкие включения ожелезнённого кварца или кварц-гидрослюдистых агрегатов. Встречаются золотины с интенсивно выщелоченной, рыхлой поверхностью, с сохранившимися примазками гидроксидов железа.

Пробность остаточного золота составляет 832–940 ‰, коррозионной оболочки – 970–999 ‰. В составе золота часто отмечается примесь (мас.%) Hg (0,17–1,34), иногда – Cu (0,14–0,97) и Te (0,1–0,13).

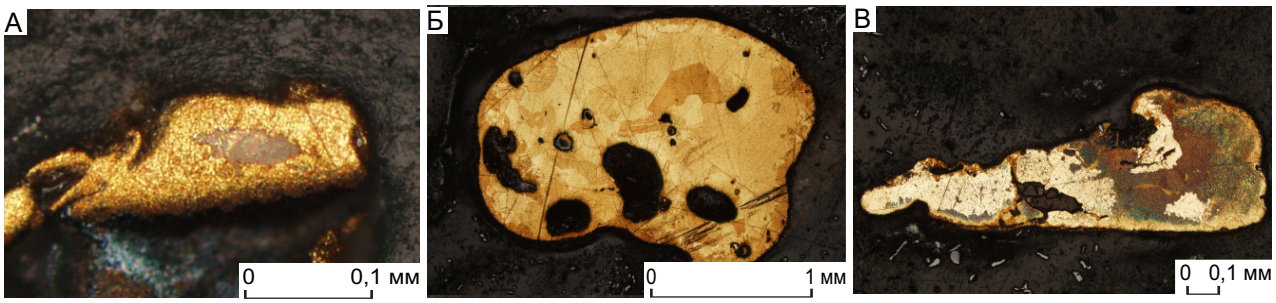


Рис. 13. Внутреннее строение золотин россыпи Тарлауская по буровому профилю 0:

А – реликт пятнисто-неоднородной структуры и сплошная коррозионная оболочка тонкозернистого строения; Б – зернистая структура, с тонкой фазовой неоднородностью, с признаками рекристаллизации и тонкой коррозионной оболочкой; В – обрастание золота с тонкой фазовой неоднородностью золотом пятнисто-неоднородного структуры. Гипергенные преобразования в виде межзерновых высокопробных прожилков и прерывистой тонкой коррозионной оболочки. Монтир. полир. шлиф, травление CrO_3 + HCl

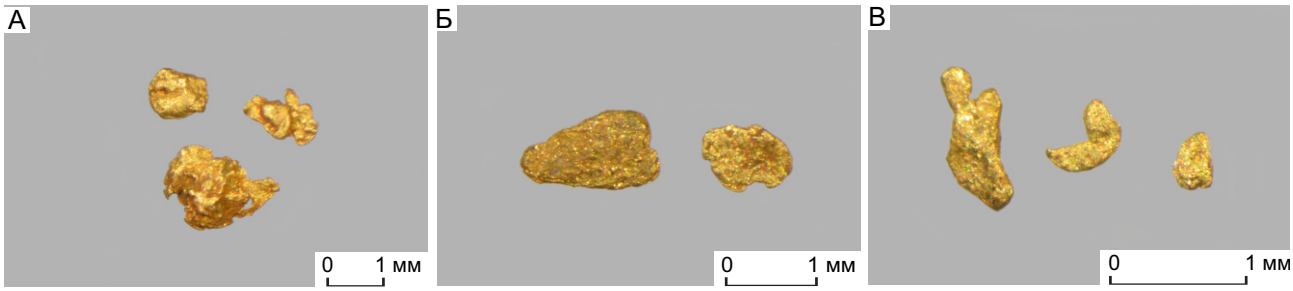


Рис. 14. Морфология и окатанность золотин (класс крупности +1 и -1+0,5 мм) россыпи Муринская по буровому профилю 82:

А – средней окатанности кристалл, полуокатанная гемиидиоморфная и слабоокатанная комковидно-интерстициальная (внизу) частицы; Б – тонкопластинчатые золотины от средней до хорошей окатанности, с интенсивно выщелоченной (слева) и уплотнённой (справа) поверхностями; В – средней окатанности сростки искажённых кристаллов и лепёшковидная частица

По внутреннему строению и химическому составу выделяются две разновидности золота: редко Au-1 и преобладает Au-2.

Золото-1 – пробности 908–940‰ с неясно-зернистой деформированной структурой с проявлениями тонкой фазовой неоднородности. Золото-2, более низкой пробности, встречается как в виде самостоятельных разностей, так и каймы по границам зёрен в Au-1. Структура его неясно-зернистая, иногда двойниковая, пятнисто-неоднородная и неясно-зональная с признаками деформаций и рекристаллизации (рис. 15).

Золото в разной степени подверглось преобразованиям в гипергенных условиях: от слабых, что выражено в виде редко встречающихся тонких межзерновых высокопробных прожилков и маломощной прерывистой изъеденной коррозионной каймы, до более интенсивных благодаря длительному пребыванию в состоянии покоя после транспортировки водными потоками – сплошной с раздувами до 0,07–0,12 мм коррозионной оболочки тонкозернистого строения (см. рис. 15).

При сравнении внутреннего строения золота обеих россыпей Тарлауской площади отмечается присутствие двух его разновидностей, в структурах которых также видны признаки, характеризующие вовлечение остаточного золота в миграцию в условиях россыпей и последующего пребывания его в покое.

• Au-1 пробности 896–940‰, с примесями Hg, Cu, Te, Bi, монокристаллического или разнозернистого внутреннего строения с тонкой фазовой неоднородностью, признаками рекристаллизации и деформаций. Данное золото преобладает в россыпи Тарлауская;

• Au-2 пробности 832–916‰, часто только с примесью Hg, отличается пятнисто-неоднородным внутренним строением с признаками деформаций, реже рекристаллизации, нередко с диффузионной зоной, обеднённой Ag. Оно образует как самостоятельные выделения (низовья россыпи Тарлауская и россыпь Муринская), так и отлагается по периферии зёрен Au-1 (низовья россыпи Тарлауская).

Пробность остаточного золота обеих разновидностей имеет перекрывающиеся значения и варьирует в пределах 832–953‰ (в единичных замерах достигая 972‰), коррозионной оболочки составляет 970–999‰. Постоянной микропримесью в золоте является Hg, спорадически отмечаются Cu, Te, Bi. Установлено наличие тонких включений кварца, пирита, галенита, кобальтина, герсдорфита.

В структуре золотин наблюдаются редкие тонкие межзерновые высокопробные прожилки и разной мощности коррозионные каймы, нередко зернистого строения, часто с образованием мелких полисинтетических двойников.

Особенностью золота в интервале БЛ 0 (россыпь Тарлауская) и БЛ 82 (Муринская россыпь) является сочетание золота разной окатанности и гипергенного преобразования: лепёшковидного с истёртой коррозионной оболочкой и слабоокатанными с мощными коррозионными каймами и выщелоченной поверхностью.

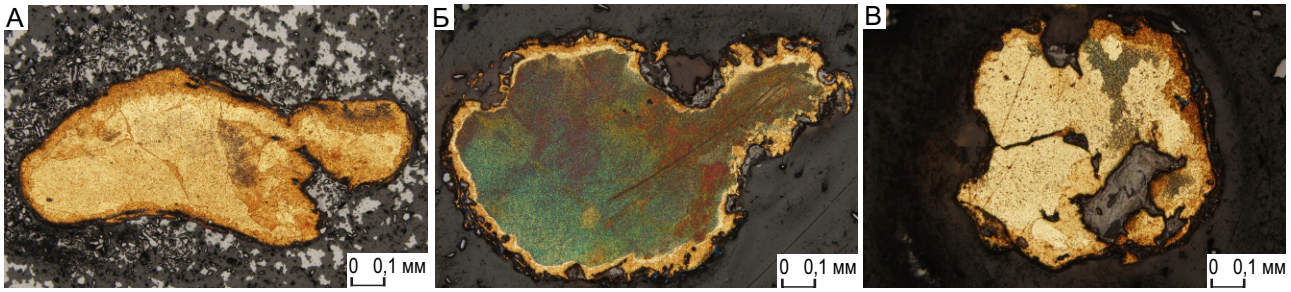


Рис. 15. Внутреннее строение золотин россыпи Муринская по буровому профилю 82:

А – сплошная коррозионная оболочка неравномерной мощности и межзерновые высокопробные прожилки в окатанном золоте неяснозернистой структуры с тонкой фазовой неоднородностью и признаками деформаций; Б – сплошная коррозионная оболочка со следами интенсивного выщелачивания на золоте неяснозернистой пятнисто-неоднородной структуры; В – отложение золота тонко-пятнисто-неоднородной структуры по границам зёрен золота с тонкой фазовой неоднородностью. Коррозионная оболочка прерывистая. Монтир. полир. шлиф, травление CrO_3 + HCl

Выявленные особенности золота россыпей Тарлауской площади приведены в таблице.

Обсуждение результатов и основные выводы.

1. Морфология золотин россыпей Тарлауская и Муринская схожа, наблюдается уменьшение их размера и увеличение окатанности от верховьев россыпи Тарлауская к Муринской россыпи. В целом на изученном отрезке преобладают полу- и среднеокатанные частицы. Для всех проб характерно наличие единичных золотин, имеющих первично оглаженные формы, которые являются результатом метасоматического роста или их образования в мягких породах (известняках), что придаёт им псевдоокатанный облик. Эти данные в сочетании со строением продольного профиля обеих россыпей позволяют объединить их в одну и отнести весь участок к началу зоны рассеяния единой россыпи.

2. Одновременное присутствие в пробах как из различных интервалов скважины, так и по простиранию россыпи, золотин разной крупности и морфологии, в том числе с первичной оглаженностью форм и отдельных выступов, различающихся при этом степенью окатанности, характером изменения поверхности (интенсивностью выщелачивания, уплотнённостью), мощностью и строением высокопробных коррозионных кайм, может быть обусловлено длительным пребыванием золота в состоянии покоя как после проседания на более низкий гипсометрический уровень в остаточной коре выветривания и карстовых отложениях, так и пребывания в «ловушках» после перемещения в россыпь. Строение и мощность коррозионных кайм подтверждают плиоценовый возраст россыпи. Отсутствие коррозионных преобразований в углублениях поверхности связано с более поздним выкрашиванием вмещающих минералов при миграции частиц.

3. Комплекс типоморфных признаков золота – наличие средних и мелких по размерам выделений, широкое развитие правильных и гемиидиоморфных форм, преобладание частиц пробности 840–950 ‰, присутствие в них в качестве элементов-примесей Cu, Te, Bi, особенности структуры и состав микровключений – позволяет предполагать в качестве коренного источника проявление золото-сульфидно-кварцевого рудно-формационного типа.

4. Внутреннее строение золота (характер срастаний Au-1 с Au-2) и его геохимические признаки (перекрывающиеся вариации пробности и общий состав элементов-примесей в обоих типах золота) могут свидетельствовать об отложении золота Тарлауской площади в единую стадию рудного процесса.

5. Ртуть, повышенные содержания которой отмечены как в Au-1, так и в Au-2, вероятно, является региональной примесью, свойственной золоту Уральской золотоносной провинции.

6. На участке в низовье россыпи Тарлауская–россыпь Муринская, приуроченном к понижению в рельефе, присутствие мелкого и тонкого (классов

крупности -0,25 мм) золота слабой окатанности, по структуре и пробности соответствующей Au-2, а также наличие в отдельных случаях микровключений кварца, пирита, галенита, кобальтина, герсдорфита дают основание предполагать на данном участке поступление этого золота при размывании рудной минерализованной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казаков П. В.* Россыпи золота в погребённом карсте Миндякской межгорной депрессии (Южный Урал) // Вестник Пермского Университета. – 2019. – Т. 18, № 3. – С. 267–275
2. *Махиня Е. И.* Особенности геологического строения золотоносной россыпи Тарлау (Южный Урал) // Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых учёных «Молодые – Наукам о Земле». – М. : МГРИ, 2022. – Т. 2. – С. 71
3. *Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н.* и др. Типоморфизм самородного золота. Методические рекомендации для геологоразведочных работ. – М. : ЦНИГРИ, 2003. – 70 с.
4. *Салихов Д. Н., Ковалёв С. Г., Беликова Г. И.* и др. Полезные ископаемые Республики Башкортостан (золото), Часть 1. – Уфа : Экология, 2003. – 222 с
5. *Самородное* золото рудных и россыпных месторождений России: атлас / Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Некрасова А. Н. и др. – М.: Акварель, 2015. – 200 с.
6. *Сначёв А. В.* Геологическое строение, морфология и состав золота россыпи Террасовая-II (Южный Урал) // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19, № 5. – С. 20–30.
7. *Созинов В. Ф., Пожарицкий А. П., Сафронова Л. А.* и др. Доразведка эксплуатируемых россыпей золота Куру-Елгинской, Афонинской и примыкающих к ним ранее разрабатываемых россыпей (территория бывшего прииска «Березовая Роща») за 1987–1992 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.2000 г. ТКЗ № 16/1031. – Уфа, 2001. – 360 с.

REFERENCES

1. *Kazakov P. V.* Rossypi zolota v pogrebonnom karste Mindyakskoy mezhgornoy depressii (Yuzhnyy Ural) [Gold placers in the buried karst of the Mindyak intermountain depression (Southern Urals)], Vestnik Permskogo Universiteta, 2019, V. 18, No. 3, pp. 267–275. (In Russ.)
2. *Makhinya Ye. I.* Osobennosti geologicheskogo stroyeniya zolotonosnoy rossypi Tarlau (Yuzhnyy Ural) [Peculiarities of the geological structure of the Tarlau gold-bearing placer (Southern Urals)], Tezisy dokladov X Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchonykh ‘’Molodyye – Naukam o Zemle’’, Moscow, MGRI publ., 2022, V. 2, pp. 71. (In Russ.)
3. *Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N.* et al. Tipomorfizm samorodnogo zolota. Metodicheskiye rekomendatsii dlya geologorazvedochnykh rabot [Typomorphism of native gold], Moscow, TSNIGRI publ., 2003, 70 p. (In Russ.)
4. *Salikhov D. N., Kovalov S. G., Belikova G. I.* et al. Poleznyye iskopayemyye Respubliki Bashkortostan (zoloto), Chast’ 1 [Minerals of the Republic of Bashkortostan (gold), Part 1], Ufa, Ekologiya publ., 2003, 222 p. (In Russ.)
5. *Samorodnoye* zoloto rudnykh i rossypnykh mestorozhdeniy Rossii: atlas [Native gold of ore and placer deposits in Russia: atlas]. Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Nekrasova A. N. et al. Moscow, Akvarel’ publ., 2015, 200 p. (In Russ.)
6. *Snachov A. V.* Geologicheskoye stroyeniye, morfologiya i sostav zolota rossypi Terrasovaya-II (Yuzhnyy Ural) [Geological structure, morphology and composition of gold in the Terrasovaya-II placer (Southern Urals)], Neftegazovoye delo, 2021, V. 19, No. 5, pp. 20–30. (In Russ.)
7. *Sozinov V. F., Pozharitskiy A. P., Safronova L. A.* et al. Dorazvedka ekspluatiruyemykh rossypey zolota Kuru-Yelginskoy, Afoninskoy i primykayushchikh k nim raneye razrabatyvayemykh rossypey (territoriya byvshego priiska "Berezovaya Roshcha"*)* za 1987–1992 gg. s podschetom zapasov po sostoyaniyu na 01.07.2000 g. TKZ No. 16/1031 [Additional exploration of exploited placers of gold at Kuru-Elginskaya, Afoninskaya and adjacent previously developed placers (the territory of the former mine “Birch Grove”) for 1987–1992 . with reserves calculation as of 07/01/2000, TKZ No. 16/1031], Ufa, 2001, 360 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 02.05.23; одобрена после рецензирования 16.05.23; принята к публикации 18.05.23.
The article was submitted 02.05.23; approved after reviewing 16.05.23; accepted for publication 18.05.23.