

А. Ш. Хусаинова

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь
Alfiya0610@outlook.com*

**Золотоносность скарново-метасоматического месторождения Тардан
и сопряженной с ним россыпи р. Бай-Сют (Республика Тыва)**
(научный руководитель В. А. Наумов)

Месторождение Тардан расположено на юге Алтае-Саянской складчатой области в зоне контакта Копто-Байсютского тоналит-плагиогранитного массива таннуольского комплекса с вулканогенно-осадочными образованиями позднего рифея-кембрия. Рудное поле контролируется структурами Каахемского глубинного разлома. Суммарные запасы месторождения по категориям C_1+C_2 составили 516.4 тыс т руды и 2904.2 кг золота. Прогнозные ресурсы золота категории P_3 по всем участкам составили 42.7 т золота [Шаповалов и др., 2008ф; Совлук и др., 2014ф].

В период с 2008 по 2014 гг. в пределах площади Тарданского рудного узла выполнен комплекс поисковых и оценочных работ. Минералогию, геохимию пород и характеристику золота Тарданского золоторудного поля изучали специалисты из Томского политехнического университета [Коробейников, Кузьмин, 1970ф], геологической службы ООО «Тардан-Голд» [Шаповалов и др., 2008ф; Совлук и др., 2014ф]. На территории выделено Тарданское золоторудное месторождение в магнетитовых и известковых скарнах, рудопоявления Копто, Барсучье, Соруглуг-Хем, Правобережное, Тардан-2.

Полевые и лабораторные исследования нами выполнены в составе студенческого полевого отряда геологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета во время производственной практики в Республике Тыва. Целью работы было сравнение золотоносности (содержание, гранулометрический и химический состав, морфология) месторождения Тардан, сопряженной с ним россыпи р. Бай-Сют и техногенно-минеральных образований гравитационного обогащения руд, а также анализ и обобщение материалов.

Добычу коренного золота на месторождении осуществляют из скарновой руды и пропилизитизированных диоритов. В скарново-рудной зоне № 7–8 установлено мелкое золото с преобладающим размером 0.1–0.3 мм (84 %), золото размером до 2–3 мм встречается редко [Коробейников, Кузьмин, 1970ф]. По данным [Шаповалов и др.,

2008ф] золотины размером более 0.5 мм в руде не обнаружены. Основная масса золота (~75 %) находится в классе крупности < 50 мкм. Сцинтилляционным анализом установлено, что 66.7 % от общей массы золота находится в классе < 25 мкм. Золото характеризуется как пылевидное и тонкодисперсное (~0.05 мм). Содержание золота в скарновой руде составляет 6 г/т. Для него характерны тонколистчатые, пластинчатые, ветвисто-дендритовые формы, реже губчатые, с бахромчатыми сторонами и следами контактной штриховки по {100} [Шаповалов и др., 2008ф]. Пробность золота по результатам микронзондового анализа колеблется от 889 до 966 % [Совлук и др., 2014ф].

В пропилитизированных диоритах содержание золота составляет 3.6 г/т. Самородное золото находится как в пороодообразующих минералах, так и в ассоциации с сульфидами. По данным ситового анализа золота установлено преобладание класса > 100 мкм [Совлук и др., 2014ф]. Для золота характерны сростания с кварцем и магнетитом, комковатые агрегаты, шероховатая поверхность, пятнисто-неоднородная структура, изометричные слегка вытянутые зерна с уплощенными дендритами. В основном золото высокопробное, изредка отмечается повышенное содержание серебра [Совлук и др., 2014ф].

Россыпь р. Бай-Сют сформирована за счет разрушения и переотложения золоторудного материала этого поля. Промышленная отработка россыпей золота на рр. Бай-Сют, Копто, Соруглуг-Хем, Хорлелиг была закончена к 2008 г. Присутствие скарновых минералов в шлихах доказывает, что формирование Бай-Сютской россыпи обеспечивали золотоносные скарны [Коробейников, Кузьмин, 1970ф].

Исследованный нами участок россыпи р. Бай-Сют представляет собой отработанную центральную часть долины, в днище которой расположены намывные техногенные отвалы и недоработанные борта целиковой части россыпи. Аллювий первой надпойменной террасы (недоработанная часть) залегает на цоколе, представленном выветрелыми породами среднего и кислого состава. В основании аллювия выделяется валунно-галечниковый горизонт слабоглинистых «песков» мощностью до 0.7 м, перекрытый гравийно-галечным материалом мощностью до 0.7 м. Выше залегают средне и крупнозернистые пески мощностью до 2 м. Нами опробован надплотиковый горизонт и обогащено более 20 проб объемов (5–8 л) на канадском лотке и винтовом шлюзе.

Содержание золота в пробах россыпи р. Бай-Сют меняется от 0.03 до 1.13 г/т при среднем значении 0.41 г/т [Коробейников, Кузьмин, 1970ф; Совлук и др., 2014ф]. Золото мелкое (0.1–1.0 мм), преобладает класс 0.25–1.0 мм (60 %). Золото массивное, лепешковидное с загнутыми краями пластинок, а также толстотаблитчатое окатанное. Нередко обнаруживаются ромбододекаэдрические формы кристаллов золота в сростании с пластинчатыми [Коробейников, Кузьмин, 1970ф]. Цвет золотин преимущественно ярко- и золотисто-желтый. Редко отмечается ржавый налет в микротрещинах и на поверхности частиц. Поверхность золотин содержит дырки, ямки, поры, присутствуют включения кварца, магнетита и других минералов [Исакова, 2014ф]. Пробность золота по данным микронзондового анализа, выполненным в ПГНИУ под руководством профессора Б. М. Осовецкого, составляет 986 ‰, элементами-примесями являются: Al, Fe, Cu, Ag, Co, Se, Ni, As. Среднее содержание элементов в пробах составляет: Cu 0.4 %, Ag 2.5 %, Au 97.8 % [Исакова, 2014ф; Рахман et al., 2014].

Отработка месторождения Гардан осуществляется открытым способом. Технология добычи золота предусматривает дробление руды до класса крупности

–10+0 мм. Первичное обогащение дробленого материала происходит на гравитационном комплексе. Далее хвосты обогащения поступают в намывной отвал, откуда материал извлекают, частично сушат, подвергают комкованию, смешивают с цементом, складывают и подвергают выщелачиванию раствором цианида. Золото проходит этапы растворения, переноса, сорбции на угле, десорбции и электролиза. Товарный продукт (сплава Доре) образуется в процессе сушки, прокатки и плавки.

Хвосты гравитационного обогащения на Тарданском месторождении опробованы нами в 2013 г. в трех точках отвала гравитационного обогащения по профилю в направлении максимальной изменчивости условий накопления золота по методике [Наумов, 1994, 2010]. Объем проб 7 л. Пробы обогащены на винтовом шлюзе по методике [Лунев, Осовецкий, 1979; Лунев и др., 2011]. Содержание свободного золота [Исакова, 2014ф] в устьевой части намывного отвала составило 0.08 г/т, в 7 м от точки поступления материала в отвал – 2.09 г/т, в 17 м – 0.09 г/т. Крупность золота закономерно снижается от устьевой зоны к периферии. В 17 м от устья намыва резко возрастает количество мелких частиц.

Основная масса благородного металла техногенно-минеральных образований характеризуется как мелкое (0.25–0.1 мм) и тонкое (менее 0.1 мм) золото. Особенностью морфологии золота является присутствие зерен «агрегатного» строения (23 %) размером 0.125–0.5 мм. Агрегаты имеют причудливую, неправильную форму, часто изогнуты, края подогнуты, поверхность золотин неровная, кавернозная, с ямками, пустотами, иногда присутствуют включения других минералов. Края зазубренные, бахромчатые, иногда окатанные. Золото имеет широкий диапазон пробности (328–980 ‰), что указывает на присутствие золота разных генераций [Исакова, 2014ф]. Для техногенного золота характерно увеличение доли Cu, Ag, Fe, Hg, Co, Bi, Pd и уменьшение пробности самого золота.

Таблица 1

Гранулометрическая структура и сравнение золотоносности коренных руд, россыпей и техногенных отвалов, %

Продукт	Фракции, мм					С, г/т
	>1	0.5–1	0.3–0.5	0.1–0.3	<0.1	
Скарны*	–	1.0	10.0	80.0	9.0	2.8
Россыпь*	11.0	30.0	30.0	17.0	12.0	1.0
Россыпь**	25.0	15.5	20.0	17.0	12.0	0.4
Техногенное**	–	7.0	21.0	55.0	17.0	2.1
Сравнение гранулометрического состава коренного и россыпного золота						
по данным А.Ф. Коробейникова	41		3	0.2	1.3	
по данным А.Ф. Коробейникова и ПГНИУ	40.5		2	0.2	1.3	
Сравнение гранулометрического состава золота рудного и из техногенных осадков						
по данным А.Ф. Коробейникова и ПГНИУ	7		2.1	0.7	1.9	

Примечание. Здесь и в табл. 2, * – золото выделено гравитационными методами, данные из работы [Коробейников, Кузьмин, 1970]; ** – данные ПГНИУ (2013, 2014).

Распределение по крупности частиц золота из коренных руд и россыпи сходно (табл. 1). Вместе с тем, происходит закономерное увеличение размера частиц золота в россыпи. Относительное накопление металла наблюдается в крупных классах и составляет более 40 раз для класса +0.5 мм и только 2–3 раза для класса 0.3–0.5 мм. Золото класса < 0.3 мм избирательно выносятся за пределы участка россыпи и, по-видимому, накапливается в более спокойных гидродинамических условиях ниже по течению от участка опробования россыпи.

Гранулометрическая структура золота из техногенных образований вполне соответствует таковой в коренных рудах (табл. 1). Наблюдается некоторое увеличение доли относительно крупного класса (+0.5 мм) и самых мелких частиц (< 0.1 мм). В «хвостах» гравитационного обогащения знаки золота крупнее 1.45 мм не обнаружены.

Сравнение химического состава коренного и россыпного золота (табл. 2) показывает, что для золота из разных источников характерен одинаковый набор элементов-примесей. Для россыпного золота характерен избирательный вынос серебра. Для техногенного золота характерно повышенное содержание Cu, Ag, Fe, Hg, Co, Bi, Pd и уменьшение его пробыности.

Т а б л и ц а 2

Элементы-примеси в коренном, россыпном и техногенном золоте

Источник золота (количество анализов)	Элементы, мас. %		
	Au	Ag	Cu
Скарны (15)*	94.1	5.9	0.02
Диориты (32)*	93.0	6.5	0.01
Россыпь (14)**	97.8	2.5	0.4
Техногенное (19)**	78.6	10.3	6.9

П р и м е ч а н и е . Данные микронзондового анализа.

Таким образом, выявлены сходство и отличие частиц золота, которые показывают эволюцию золота в экзогенном процессе от коренного источника к россыпи. Определены особенности состава частиц золота из техногенно-минеральных образований.

Литература

- Исакова Е. О.* Геологическое строение Тарданского месторождения и морфологические особенности золота в его техногенных отвалах. Дипломная работа. Пермь: ПГНИУ, 2014ф. 46 с.
- Коробейников А. Ф., Кузьмин А. М.* Вещественный состав руд Тарданского и Коммунарского золоторудных полей и их сравнительная характеристика. Отчет Томского политехнического института им. С. М. Кирова. Томск, 1970ф. 243 с.
- Лунев Б. С., Наумов В. А., Наумова О. Б.* Мелкие ценные минералы в аллювии Пермского края // Естественные и технические науки. 2011. № 3.
- Лунев Б. С., Осовецкий Б. М.* Методика поэтапного изучения мелкого золота // Колыма. Магадан, 1979. № 11. С. 36–37.

Наумов В. А. Процессы формирования и распределения концентраций благородных металлов в техногенных россыпях и отвалах Урала // Горный журнал. Уральское горное обозрение. 1994. № 8. С. 39–50.

Наумов В. А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия // Автореф. дис. ... доктора геол.-мин. наук. Пермь: ПГУ, 2010. 42 с.

Совлук А. В., Князев В. Н., Актаев Е. В., Скирда В. В. О результатах геологоразведочных работ в пределах Тарданского рудного узла. Отчет «ООО Тардан-Голд». Кызыл, 2014ф. 262 с.

Шаповалов Д. Н., Совлук В. И., Безходарнова Т. Э., Коновалова А. В. О результатах разведки центральной части рудного поля месторождения Тардан. Отчет «ООО Тардан-Голд». Кызыл, 2008ф. 202 с.

Rahman G. J. G., Gregory B. S., Payne S. J. et al. Compositional studies and provenance of placer gold in the Kuznetskiy Alatau and Western Sayan Mountains, south-central Siberia. Пермь, 2014. 34 с.