

7. Современные тектонические нарушения — основные пути попадания радона из зоны аэрации в глубокие водоносные горизонты и в меньшей степени — проводники глубинного радона в сочетании с водородом.

8. Существует возможность картирования современных тектонических нарушений с аномальным радонам по расположению дихотомичных деревьев.

В исследованиях и оформлении статьи неоценимую помощь оказали С.Г. Бирюков, О.В. Бородин, В.Л. Воронин, С.Л. Карлинский, С.Ю. Малышков, В.Д. Манукьян, Ю.В. Манукьян, А.С. Низов, В.В. Чудов, которым автор выражает искреннюю признательность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин, В.В. Физические поля в приповерхностной геофизике / В.В. Адушкин, А.А. Спивак. — М.: ГЕОС, 2014. — 359 с.
2. Алексеев, В.К. Геодинамическое районирование территории Московской области / В.К. Алексеев, А.С. Батугин, И.М. Батугина, И.В. Гаранькин, А.М. Калинин, И.М. Петухов, П.И. Челиан. — Ступино: СМТ, 2003. — 125 с.
3. Дорожко, А.Л. Геодинамические активные зоны и линеаменты Москвы и их геологическое значение / А.Л. Дорожко, В.М. Макеев, Г.И. Батрак, И.А. Позднякова // Геозкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. — 2017. — № 2. — С. 147–157.
4. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 2. Микросейсмичность / Под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. — Петрозаводск, 2007. — С. 26–28.
5. Карта аномалий Подмосквья. 1:200 000. — М., 2000.
6. Малышков, Ю.П. Эксцентричное вращение ядра и оболочки Земли, возникновение деформационных волн и их практическое использование. Монография / Ю.П. Малышков, С.Ю. Малышков. — Томск, 2010. — 18 с.

7. Малышков, Ю.П. Взаимосвязь импульсных электромагнитных полей Земли с движением тектонических блоков и землетрясениями / Ю.П. Малышков, С.Ю. Малышков, В.Ф. Гордеев. — Томск, 2000. — 38 с.

8. Манукьян, В.А. Влияние геодинамической активности земной коры на водонапорную систему южного склона Московского артезианского бассейна / В.А. Манукьян, О.В. Пинигин // Недропользование. — 2010. — № 1. — С. 72–80.

9. Манукьян, В.А. Глобальные проявления флюидодинамических эффектов в современных нарушениях земной коры / В.А. Манукьян // Разведка и охрана недр. — 2012. — № 10. — С. 17–21.

10. Микляев, П.С. Научные основы оценки потенциальной радоноопасности платформенных территорий: Автореф. д. геол.-мин. наук / П.С. Микляев. — М., 2015.

11. Москва. Геология и город / Ред. Медведев О.П., Осипов В.И., 1997 г.

12. Николаевский, В.Н. Геомеханика и флюидодинамика / В.Н. Николаевский. — М.: Недра, 1996. — 408 с.

13. Спивак, А.А. Пространственно-временные вариации природного радона в подпочвенной атмосфере / А.А. Спивак, С.А. Кожухов // ДАН. — 2004. — Т. 394. — № 5. — С. 1–3.

14. Спивак, А.А. Особенности геофизических полей в разломных зонах / А.А. Спивак // Физика Земли. — 2010. — № 4. — С. 55–61.

15. Спивак, А.А. Эманация радона как индикатор интенсивности межгеосферных взаимодействий на границе земная кора — атмосфера / А.А. Спивак, С.А. Кожухов, М.В. Сухоруков, В.А. Харламов // Физика Земли. — 2009. — № 2. — С. 34–48.

16. Титаева, Н.А. Ядерная геохимия / Н.А. Титаева. — М.: МГУ, 1992.

17. Чистова, З.Б. Современная дегазация разломов Северо-Русской плиты / З.Б. Чистова, Ю.Г. Кутинов, А.Л. Минеев // Активные разломы и их значения для оценки сейсмической опасности: современное состояние, проблемы: XIX научно-практ. конф. с международным участием. — Воронеж: Изд. «Научная книга». — 2014. — С. 440–445.

© Манукьян В.А., 2020

Манукьян Валентин Ашикович // manval36@gmail.com

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 550.4:552.11

Робертус Ю.В.¹, Степанов В.А.², Рихванов Л.П.³, Любимов Р.В.¹, Ильенок С.С.³ (1 — ИВЭП СО РАН, 2 — НИГГЦ ДВО РАН, 3 — НИТПУ)

О ПРИРОДЕ И ПЕРСПЕКТИВАХ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ОТХОДОВ ПЕРЕДЕЛА РТУТНЫХ РУД АКТАШСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

*Впервые получены данные о промышленной золотоносности шламов, образованных при переделе ртутных руд Акташского месторождения. Установлена прямая зависимость между содержанием ртути и золота в отходах переработки руд и загрязненных ими почвах. Предполагается нахождение золота в отходах в виде амальгамы и ртутистого золота. Обоснован техногенно-ремобилизованный тип золотоносности отходов передела руд. **Ключевые слова:** Акташское месторождение, отходы, ртуть, золото, амальгама, ремобилизация.*

Robertus Yu.V.¹, Stepanov V.A.², Richvanov L.P.³, Lubimov R.V.¹, Ilyenok S.S.³ (1 — IWEP SB RAS, 2 — SRGTC FEB RAS, 3 — SRTPU)

ABOUT THE NATURE AND PROSPECTS OF GOLD CONTENT OF WASTE OF PROCESSING OF MERCURY ORES OF THE AKTASH DEPOSIT (GORNYY ALTAI)

*Data on the industrial gold content of sludge formed during the processing of mercury ores of the Aktash Deposit were obtained for the first time. A direct relationship between the content of mercury and gold in ore processing waste and contaminated soils has been established. The presence of gold in the waste in the form of amalgam and mercury gold is assumed. Technogenically remobilized type of gold content of ore processing waste was justified. **Keywords:** Aktash deposit, waste, mercury, gold, amalgam, remobilization.*

Введение

В период 1942–1990 гг. Акташским рудоуправлением Минцветмета СССР было отработано одноименное месторождение ртути на юго-востоке Горного Алтая.

Всего было переработано 1,35 млн т киноварных руд и получено 3700 т ртути марок Р-1, Р-2. В 1990-х годах Акташское горно-металлургическое предприятие (АГМП) перешло на переработку ртутьсодержащих отходов (РСО), поступающих от предприятий Сибирского федерального округа. Всего до 2008 г. АГМП было утилизировано по усовершенствованной технологии обжига в трубчатой печи 5 тыс. т РСО и получено 100 т ртути. В настоящее время предприятие ликвидировано. Ртутный завод, модуль хранения РСО и другие объекты инфраструктуры демонтированы и частично вывезены.

Находящиеся на хранении в долине р. Ярлыамры (система р. Катунь) отходы бывших предприятий (рис. 1) образуют три террикона металлургических шлаков (огарков), представляющих собой мелкокусковые (до 5 см), частично дезинтегрированные обломки обожженного известняка, реже песчаника и сланца. Самые «ранние» огарки местами литифицированы.

К второстепенным отходам относятся рудные шламы (хвосты), размещенные на вершине террикона 1 в прудке-отстойнике технологических вод ртутного завода и представляющие собой песчано-иловую вязкую массу черного цвета, образованную при осаждении из воды частиц рудной пыли, шлаков, металлической ртути, продуктов несгоревшей нефти [8].

Вещественный состав отходов ртутного завода изучен недостаточно, в частности, отсутствуют сведения о наличии в них благородных металлов. В связи с тем, что в настоящее время разрабатывается проект по ликвидации накопленного экологического вреда в районе АГМП, в т.ч. утилизации его отходов, возникла необходимость в оценке их потенциальной золотонности, что и явилось основной целью проведенного исследования.

Материалы и методы

Основными объектами исследования явились терриконы шлаков (огарков) и прудки-отстойники (новый и старые) технологических вод бывшего ртутного завода. Имеющиеся технические возможности позволили изучить терриконы только с поверхности, а шламы (хвосты) 9-ю скважинами ручного бурения глубиной до 1,5–2 м. Длина проб керна варьировалась от 0,5 до 1 м. Кроме того, был взят ряд штучных проб шламов из канала сброса технологических вод и объектов

инфраструктуры ртутного завода (выпускной бункер, вентилятор, труба отходящих газов и др.). Всего было отобрано 18 проб шламов.

Терриконы огарков были опробованы в их основании методом пунктирной борозды. Рядовые пробы весом 30–50 г отбирались в среднем через 10–20 м и объединялись в групповую пробу, характеризующую интервал 50–75 м. Всего было взято 12 групповых проб огарков. В промзоне предприятия также были взяты единичные пробы загрязненных ртутью почв и привозных не утилизированных РСО. Общий объем проб отходов, РСО и почв составил 40 шт.

Анализ всех проб на ртуть и золото был проведен атомно-абсорбционным методом в лаборатории изотопно-геохимических методов анализа ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) (аналитики Н.В. Андросова, В.Н. Ильина). Элементный состав части проб был изучен в НИТПУ (г. Томск) инструментальным нейтронно-активационным анализом (аналитик А.Ф. Судыко), рентгеноструктурным анализом (аналитик Б.Р. Соколов), методом сканирующей электронной микроскопии — два образца с содержанием золота 4,1 и 23 г/т, представляющие собой нанесенный на углеродный скотч пылеватый материал шламов (аналитик С.С. Ильенко).

Результаты и их обсуждение

Первые сведения о золотонности отходов пердела руд Акташского месторождения были получены авторами в 2018 г. при анализе методом ИНАА единичных проб шлаков и шламов ртутного завода. В многочисленных отчетах по геологоразведочным и научно-исследовательским работам на месторождении данные об его золотонности практически отсутствуют. Единичные упоминания о возможном присутствии золота в рудной зоне (штольня 15) приведены в фондовых отчетах ЦНИГРИ (Н.И. Бородаевский и др., 1960) и СНИИГиМС (И.С. Туркин и др., 1975). В последнем из них отмечено наличие микровключений золота в зернах теллуридов (калаверит, петцит) на нижних горизонтах месторождения.

Известно, что близкие геохимические свойства золота и ртути — элементов № 79 и № 80 периодической таблицы Д.И. Менделеева, способствуют появлению минералов ртути на золоторудных месторождениях и золота на ртутных объектах [10, 12]. Существуют и комплексные золото-ртутные место-

рождения, из которых наряду с золотом добывают и ртуть. Например, широко известные месторождения карлинского типа [14].

В России к золото-ртутным относятся месторождения Воронцовское (Урал), а также ряд месторождений Дальнего Востока и Камчатки [10, 11]. Комплексный золото-ртутный тип оруденения



Рис. 1. Объекты размещения отходов АГМП (слева), шламы (хвосты) в «новом» прудке-отстойнике (в центре), слоистая текстура профиля шламов (справа)

широко распространен также в Горном Алтае, где выделяют следующие его подтипы — золото-ртутный с мышьяком, золото-мышьяково-ртутный, золото-ртутно-сурьмяный, золото-сурьмяно-ртутный, золото-теллуридно-ртутный, золото-медно-ртутный [1, 2, 4].

В обобщающем фоновом отчете (Селин, 1986) подчеркнута, что ртутному оруденению Юго-Восточного Алтая в разной степени сопутствует золотое оруденение, представленное золото-арсенопирит-кварцевым, золотокварцевым, золото-лиственитовым, золото-полиметаллическим, золото-серебро-медным типами. Золото в них присутствует в виде тонкодисперсной примеси в арсенопирите, пирите, антимоните, халькопирите, блеклых рудах и др.

А.И. Гусев [2] золотопроявления Сарасинской ртутнорудной зоны на севере Горного Алтая, локализованные как и Акташское месторождение в карбонатной толще рифей-венда (баратальская серия), относит к тонкодисперсному золото-ртутному типу с сурьмой, реже с мышьяком. Широкое развитие минералов сурьмы и мышьяка в рудах Акташа позволяет предполагать наличие в его пределах этого типа золотосодержащих ртутных руд.

С отмеченных выше позиций редкие находки золота в рудах Акташского месторождения выглядят аномальным явлением, так как в них присутствуют минералы, сопутствующие золотому оруденению и потенциально содержащие золото — пирит, антимонит, блеклые руды, халькопирит и др. На ряде ртутных месторождений установлена также золотосодержащая киновари на уровне от десятых долей до 1 и редко 10 г/т, а метациннабарита до сотен г/т [10]. Отметим, что среднее содержание ртути в рудах Акташского месторождения составляло 0,16–0,81 %. Промышленное значение имел мономинеральный тип руд, представленный кристаллической, метакolloидной и порошокватой разновидностями киновари и метациннабарита.

Вещественный состав отходов передела киноварных руд месторождения изучен слабо, особенно их минеральный состав. Относительно полно изученный химический состав металлургических шлаков (огарков) по содержанию породообразующих элементов почти не отличается от состава руд, что обусловлено особенностями рудоподготовки (только дробление) и

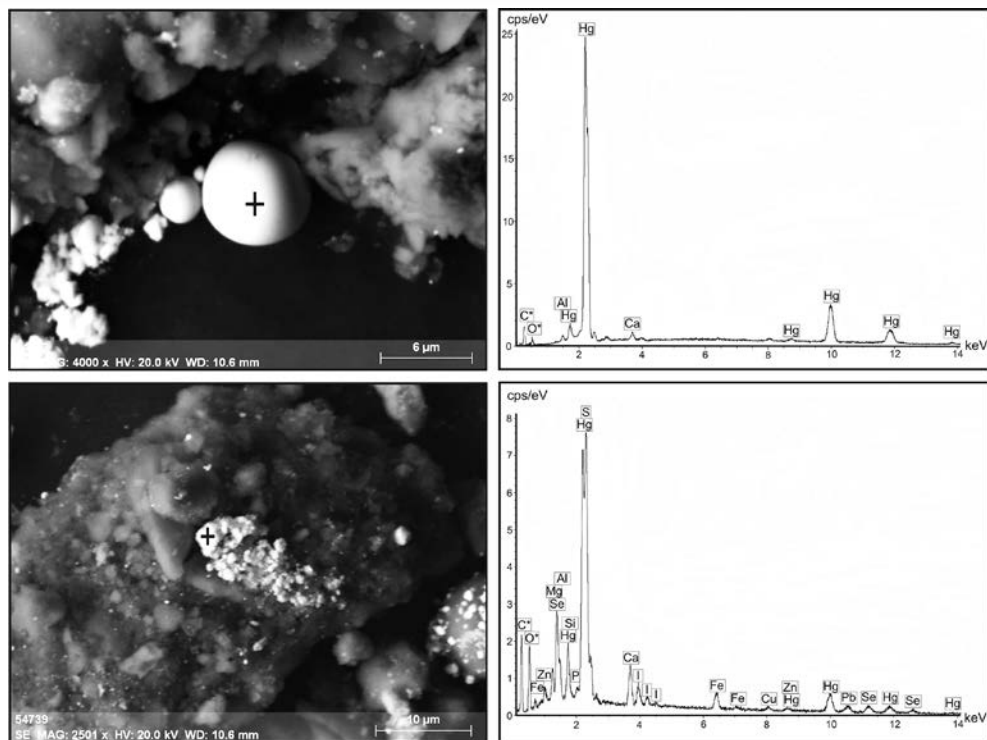


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки в режиме обратно-рассеянных электронов и спектры капли металлической ртути (вверху) и частицы руды (внизу) в шлаках

переработки (обжиг), в результате чего изменения состава исходных руд были минимальны.

В представляющих интерес в плане золотосодержащих шлаках (хвостах) методом сканирующей электронной микроскопии выявлены: кальцит (более 50 %), кварц (10–15 %), альбит (6,5 %), а также клинохлор, доломит, гипс, т.е. основные нерудные минералы в рудах. Рудные минералы представлены в основном металлической ртутью в виде каплевидных частиц размером до 20 мкм, а также киноварью и метациннабаритом — главными минералами акташских руд. Также отмечены единичные зерна тиманнита и каломели с присутствием йода. Второстепенные минералы шламов представлены пиритом (1–2 %), антимонитом, аурипигментом, галенитом, аргентитом, рутилом, хромитом, англезитом и другими, что подтверждает близость минерального состава шламов и переработанных руд. Данные электронной микроскопии позволяют считать, что шламы состоят в основном из мелких частиц руды, и содержат многочисленные капли металлической ртути, образовавшейся при ее обжиге (рис. 2).

Отметим, что минеральных форм золота рентгеноструктурным анализом и методом сканирующей электронной микроскопии в шлаках (хвостах) ртутного завода не установлено.

Минимальные концентрации ртути и ее элементов-спутников проявлены в шлаках (огарках), а максимальные — в шлаках (хвостах), представляющих собой тонкую фракцию обожженных руд, частично шлаков, насыщенных металлической ртутью и продуктами горения нефти. Так, содержание ртути в шлаках варьируется от 0,009 до 0,046 %, в шлаках от 0,15 до 14 %.

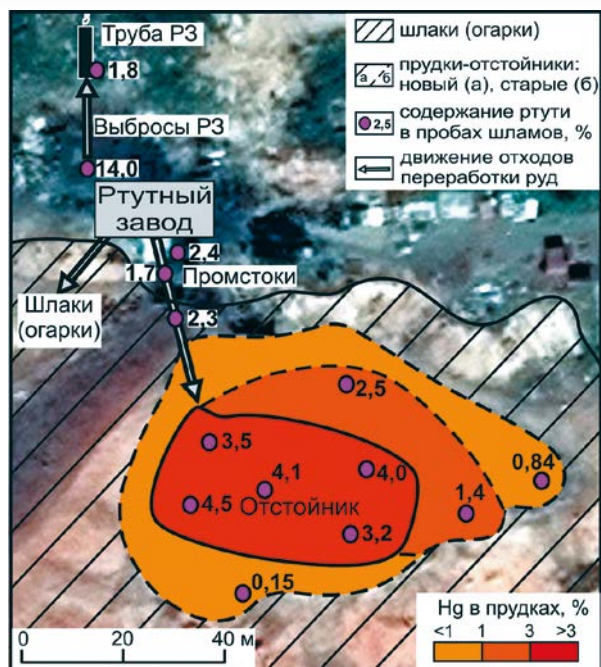


Рис. 3. Характер распределения ртути в шлаках (хвостах) передела руд

Характерно, что среднее содержание ртути в огарках уменьшается от «старых» терриконов к «молодым», т.е. на конечном этапе деятельности предприятия отработывались наиболее бедные руды нижних горизонтов месторождения.

В распределении ртути в шлаках проявлена обратная картина. Наиболее высокие ее концентрации (более 3 %) характерны для «молодых» шламов, а наиболее низкие (менее 1 %) в «старых» шлаках первоначального прудка-отстойника (рис. 3).

Предварительно намечена сопряженность между собой элементного состава шлаков терриконов 1–3 и синхронных им шламов в прудках-отстойниках технологических вод завода. Для шлаков и шламов наиболее контрастные различия проявлены в содержании ртути, золота, цинка и меди (табл. 1). Намеченные тренды содержания ртути и ее основных элементов-спутников в огарках от 1 террикона к 3 (т.е. сверху вниз) Hg, As, — Sb, Zn, Cu в целом отражают обобщенную зональность оруденения и согласуются с представлениями [7] о вертикальной геохимической зональности распределения элементов на месторождении.

В распределении золота в отходах ртутного завода проявлены следующие особенности. Его содержание в шлаках составляет в основном сотые доли г/т и уменьшается от «старых» огарков к их «молодым» разностям в 5,5 раз. Такой же уровень содержания золота характерен

для привозных РСО и загрязненных почв промзоны предприятия (табл. 2). В рудных шлаках его содержание варьируется от десятых долей г/т в «старых» шлаках до 2–4 г/т в «молодых» разностях и до 23 г/т в шлаках из канала сброса промстоков ртутного завода. Эти данные позволяют предположить наличие повышенных концентраций золота в рудах нижних горизонтов месторождения и их связь с минералами сурьмы, меди, цинка, железа, в частности, с антимонитом, пиритом, сфалеритом, халькопиритом, блеклыми рудами и др.

В изученных отходах передела руд золото и ртуть тесно связаны между собой, о чем свидетельствуют их значимые на уровне 95 % положительные корреляционные связи. На их тесную связь как в шлаках и шламах, так и в загрязненных выбросами завода почвах, указывают близкие величины отношения их концентраций (1:20 000÷1:30 000), которые предположительно сформировались в процессе передела (обжига) исходных руд.

В общем виде зависимость между содержанием ртути и золота в отходах и почвах (рис. 4) описывается линейной функцией вида $Au \text{ (г/т)} = 0,45 \text{ Hg (\%)}$, что позволяет прогнозировать концентрации и ресурсы золота в ртутьсодержащих отходах переработки руд, а также его потерь в готовой продукции и выбросах ртутного завода.

Вопросы генезиса и перспектив золотоносности отходов ртутного завода

Анализ существующих классификаций месторождений вторичного золото-ртутьсодержащего минерального сырья показал отсутствие подобных систематизаций на техногенно-генетической основе. Известные классификации основаны в основном на производственных факторах, природных условиях размещения и пр. Так, применительно к золотоносности ртутьсодержащих отходов в литературе имеются только данные об укрупнении частиц золота в хвостах промывки песков россыпных месторождений. Этот процесс можно считать его природно-техногенной ремобилизацией, в которой ртуть выступает как в качестве цемента, так и минералообразующей среды [5].

В работе [3] показано укрупнение тонкорассеянного золота путем собирательной перекристаллизации его частиц при обжиге, что значительно упрощает тех-

Таблица 1
Среднее содержание ртути и ее элементов-спутников в отходах передела руд, г/т

Отходы, место отбора		Hg	Fe, %	As	Sb	Cu	Zn	Pb	Au
Шлаки (огарки)	Террикон 1	430	4,6	190	70	50	15	130	0,022
	Террикон 2	240	5,7	155	60	60	62	170	0,017
	Террикон 3	130	6,8	119	101	201	162	370	0,004
	Среднее 1-3	250	5,7	155	77	104	80	225	0,013
Рудный шлам (прудки)		28900	7,9	646	95	1970	3710	370	1,00
Шлам/огарки, ед.		115,6	1,4	2,1	1,2	25,6	35,7	4,6	76,9

Таблица 2

Содержание ртути и золота в отходах передела руд, привозных РСО и в почвах

Содержание	Шлаки (n=12)		Шламы (n=18)		Привозные РСО (n=5)		Почвы промзоны (n=5)	
	Hg, %	Au, г/т	Hg, %	Au, г/т	Hg, %	Au, г/т	Hg, %	Au, г/т
min	0,008	0,003	0,15	0,18	0,08	0,008	0,005	0,003
max	0,046	1,07	14,0	23,0	24,0	0,041	0,450	0,022
\bar{x}	0,026	0,03	3,2	1,00	2,6	0,020	0,043	0,015

нологию извлечения металла из отходов переработки руд. Исходя из этих представлений, можно предположить, что золото, находившееся в рудах Акташского месторождения в рассеянном состоянии, вероятно, было перекристаллизовано в процессе их высокотемпературного обжига.

Перекристаллизация, по-видимому, явилась начальным этапом концентрирования золота в процессе передела (обжига) акташских руд. Основным же этап заключался в его мобилизации парами и каплями присутствующей в технологических газах свободной ртути, которая частично поступала в твердые, жидкие и газообразные отходы завода. При этом основная масса золота, содержащегося в исходных рудах, по-видимому, перешла в форме примеси в товарную продукцию (металлическую ртуть). Это определяется существенной растворимостью золота в ртути (0,13 % при температуре 24 °С), а также тем, что ртуть не освобождается от следов золота даже после многократной ее перегонки [6].

Исходя из имеющихся данных, можно предполагать, что в шлаках и в огарках золото содержится в виде амальгам и ртутистого золота. Частично золото-содержащая ртуть депонирована в почвах, в которые она поступила с выбросами отходящих газов трубчатой печи. Присутствие золота в форме амальгамы, по-видимому, препятствует его идентификации рентгеноструктурным анализом и методом сканирующей электронной микроскопии.

Причины потери ртути и ремобилизованного золота в процессе передела руд совпадают, что подтверждается сопряженными уровнями их концентраций в отходах предприятия, а также в загрязненных почвах. При этом их максимальное концентрирование характерно только для шламов, чему возможно способствует присутствие в них продуктов сгорания нефти (мазута), т.е. наличие фактора сорбции этих металлов органическими соединениями.

Установленное присутствие золота в отходах переработки руд Акташского месторождения не выглядит исключительным явлением, поскольку имеются примеры отработки отва-

лов ртутных месторождений на золото. Так, на месторождении Нью-Идрия (США) в период 1953–1972 гг. было добыто 17 тыс. т ртути. Запасы золота в образованных 7 млн т отвалов впоследствии были оценены в 36 т при среднем содержании в них золота 5,1 г/т [9, 15].

Другое месторождение Ноксвилл (США) отрабатывалось на ртуть более 100 лет. Однако золото в нем ранее не добывалось. В 1985 г. при переработке руд этого месторождения, ранее считавшегося ртутным, были получены первые слитки золота, а общие запасы благородного металла в настоящее время оцениваются в 100 т [13].

Оценка прогнозных ресурсов золота проведена из расчета его среднего содержания в отходах АГМП и их массы. Ориентировочная масса шламов составляет около 7 тыс. т, в т.ч. в «новом» прудке-отстойнике 2,5 тыс. т. С учетом этого ресурса золота с его промышленным содержанием в шламах могут составить 15–20 кг, а в шлаках (огарках) около 20–25 кг. Таким образом, его суммарные ресурсы в отходах и почвах вблизи завода не превышают 50 кг.

Эта оценка является минимальной, поскольку основная часть ртути и связанного с ним золота в

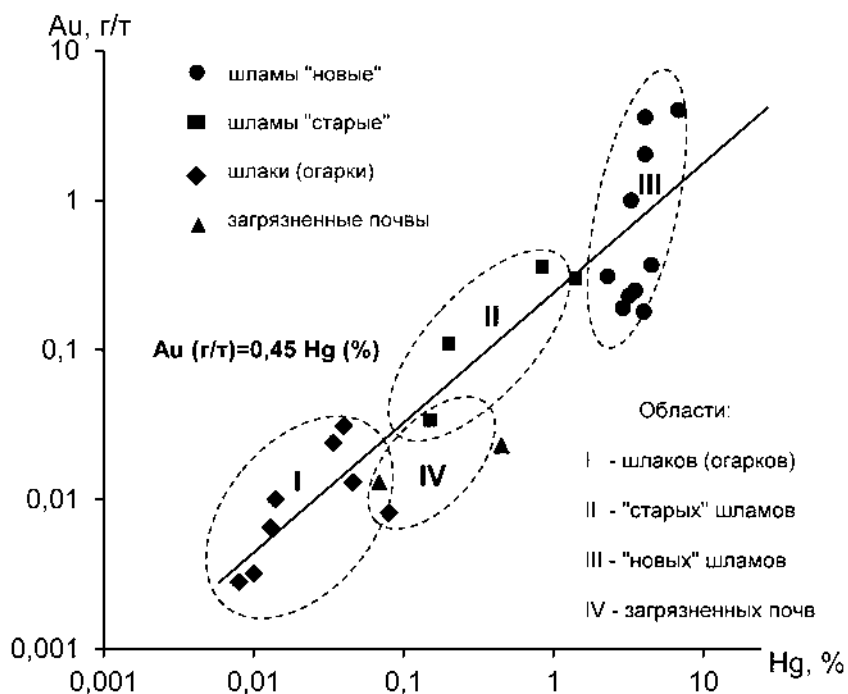


Рис. 4. График зависимости между содержанием ртути и золота в отходах и почвах

отходах инфильтрирована в глубинные части объектов их размещения. Следует также иметь в виду, что часть золота предположительно перешла в виде амальгамы в товарную продукцию. Ее оценка через среднее отношение с ртутью в отходах дает величину около 450 кг. Следовательно, общие ресурсы золота в рудах месторождения можно оценить в 0,5 т.

Заключение

Результаты исследования золотоносности отходов переработки ртутных руд Акташского месторождения позволяют сделать следующие выводы:

— впервые получены данные о возможной промышленной золотоносности шламов (хвостов) переработки ртутных руд Акташского месторождения. Среднее содержание золота в шламах составляет 1–4 г/т, максимальное до 23 г/т;

— предварительно установлено совместное концентрирование золота и ртути в процессе высокотемпературного обжига ртутных руд. Его основной механизм заключается в раскрытии примесей золота в рудных минералах, их сорбции ртутью, что способствует появлению в шламах концентраций металла на 1–2 порядка превышающих его содержание в рудах. Это позволяет выделить техногенно-ремобилизованный тип золотоносности отходов передела ртутных руд с использованием технологии обжига;

— при переделе руд месторождения основные потери золота были обусловлены его переходом в товарную продукцию, в меньшей степени в твердые отходы производства;

— для уточнения запасов золота в производственных отходах бывшего ртутного завода предлагается провести изучение керна скважин, пробуренных по регулярной сети на всю мощность объектов размещения отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко, А.С. Типы золото-ртутных месторождений и условия их образования / А.С. Борисенко, Е.А. Наумова, А.А. Оболенский // Геология и геофизика. — 2006. — Т. 47. — № 3. — С. 342–354.
2. Гусев, А.И. Типизация золото-ртутного оруденения Горного Алтая / А.И. Гусев // Успехи современного естествознания. — 2012. — № 12. — С. 87–91.
3. Моисеенко, В.Г. Метаморфизм золота месторождений Приамурья / В.Г. Моисеенко. — Хабаровск, 1965. — 125 с.
4. Наумов, Е.А. Типы золото-ртутной минерализации Алтае-Саянской складчатой области и физико-химические условия их формирования: Дисс. канд. геол.-мин. наук. — Новосибирск, 2007. — 192 с.
5. Наумов, В.А. Взаимодействие золота с ртутью в техногенных отвалах Урала / В.А. Наумов, О.Б. Наумова // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6. — URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15856> (дата обращения: 25.11.2019).
6. Некрасов, Б.В. Основы общей химии в 2-х т. / Б.В. Некрасов. — Т. 2. — М.: Химия, 1974. — 688 с.
7. Оболенский, А.А. Генезис месторождений ртутной рудной формации (на примере Южно-Сибирской металлогенической провинции и Монголии) / А.А. Оболенский. — Новосибирск: Наука, 1985. — 194 с.
8. Робертус, Ю.В. Особенности ртутного загрязнения окружающей среды в районе Акташского горно-металлургического предприятия (Республика Алтай) / Ю.В. Робертус, А.В. Пузанов, Р.В. Любимов // География и природные ресурсы. — 2015. — № 3. — С. 48–55.

9. Софронов, Ю.Г. Золоторудные и золотосодержащие месторождения мира — генезис и металлогенический потенциал / Ю.Г. Софронов // Геология рудных месторождений. — 2003. — Т. 45. — № 4. — С. 305–320.
10. Степанов, В.А. Геология золота, серебра и ртути. Ч. 1. Золоторудные месторождения / В.А. Степанов, В.Г. Моисеенко. — Владивосток: Дальнаука, 1993. — 228 с.
11. Степанов, В.А. Золото-ртутные месторождения Востока России / В.А. Степанов, В.Г. Моисеенко // ДАН. — 2008. — Т. 421. — № 2. — С. 230–232.
12. Степанов, В.А. Золото и ртуть в процессах рудообразования на Камчатке / В.А. Степанов // Изв. вузов. Геология и разведка. — 2018. — № 4. — С. 54–60.
13. Burnett, J.L. A new type of lode gold deposit, the McLaughlin Mine, Napa, Yolo and Lake counties / J.L. Burnett // Calif. Geol. — 1986. — V. 39. — № 1. — P. 15–16.
14. Cline, J.S. Carlin-Type Gold Deposits in Nevada: Critical Geologic Characteristics and Viable Models / J.S. Cline, A.H., J.L. Hofstra Muntean, R.M. Tosdal, K.A. Hickey // Economic Geology. — 2005. — 100 th Anniversary Volume. — P. 451–484.
15. New Idria becomes gold operation // Skill. Mining Rev. — 1982. — V. 71. — № 25. — P. 17.

© Коллектив авторов, 2020

Робертус Юрий Владимирович // aricol@mail.gorny.ru
Степанов Виталий Алексеевич // 30.vitstepanov@yandex.ru
Рихванов Леонид Петрович // rikhvanov@tpu.ru
Любимов Роман Владимирович // aricol@mail.gorny.ru
Ильенок Сергей Сергеевич // ilenokss@tpu.ru

УДК 622.23.05

Иванов А.Г. (АО «Атомредметзолото»), Михайлов А.Н., Алексеев Н.А. (АО «Хиагда»), Иванов Д.А. (Компания «Weaterford»), Арсентьев Ю.А., Соловьёв Н.В., Назаров А.П. (МГРИ-РГГРУ)

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ КОЛОННЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

*Ремонтно-восстановительные работы на технологических скважинах являются важным видом работ, обеспечивающим эффективную отработку продуктивных блоков месторождения урана. При этом производительность работ во многом зависит от качества обсадных труб, составляющих эксплуатационную колонну, которая может изменять свою форму в силу ряда причин: так, например, большой овальности, разностенности, низкого качества резьбовых соединений, деформации труб при изменении температуры рабочих растворов, потери продольной устойчивости колонны и т.д., что приводит к затруднениям при спуске специального контрольного и ремонтного оборудования в скважину. В статье приводятся рекомендации по применению отдельных видов технических средств и методов, необходимых для восстановления геометрических размеров труб и герметичности эксплуатационных колонн. **Ключевые слова:** технологическая скважина, эксплуатационная колонна, резьбовое соединение, непроницаемые экраны, твердеющие материалы, оттайка, фильтр.*