

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ ПОДГОТОВКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ К ВЫЩЕЛАЧИВАНИЮ МЕТАЛЛОВ

Л. В. Шумилова¹, А. Н. Хатькова¹, В. Г. Черкасов¹

¹ Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

Аннотация: В настоящее время ведётся разработка новых экологических нормативов допустимого комплексного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду, включающих в том числе технические удельные нормативы негативного воздействия на единицу выпускаемой продукции, предельно допустимые экологические концентрации и предельно допустимые экологические нагрузки. Объект исследований – минеральное сырьё техногенных месторождений золоторудных провинций Забайкалья. Проведено технологическое тестирование золотосодержащего техногенного минерального сырья кварц-сульфидной формации. Лежалые хвосты флотации перед цианидным выщелачиванием обрабатывались активными растворами, содержащими следующие химические комплексы: перекись водорода в метастабильной и/или стабильно-метастабильной форме, образованной в процессах фотолиза или радиолитического; сернокислотно-пероксидные и карбонатно-пероксидные, продуцированные путем электрохимического и фотохимического синтеза; метастабильные пероксидно-гидроксидные и гидроксидно-цианидные, продуцируемые в жидкой фазе пульпы путем шадящего электролиза. Результатами исследований подтверждено, что новые методы подготовки пульпы эффективны: на 12,5 % (с 47,7 до 60,2 %) увеличивается извлечение золота по сравнению с контрольной схемой. Лабораторные исследования активным реагентом-комплексобразователем (сернокислотно-пероксидный и карбонатно-пероксидный раствор, прошедший фотоэлектрохимическую обработку). Достигнуто повышение извлечения золота из техногенных минеральных отходов на 15,5 % (с 36,1 до 51,1 %).

Ключевые слова: золотосодержащее техногенное сырьё, пероксидно-гидроксидные комплексы, гидроксидно-цианидные комплексы, сернокислотно-пероксидный раствор, карбонатно-пероксидный раствор, фотоэлектрохимическая обработка, кучное выщелачивание, окисление сульфидных минералов и серы.

Для цитирования: Шумилова Л. В., Хатькова А. Н., Черкасов В. Г. Альтернативные варианты подготовки техногенных отходов к выщелачиванию металлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 3-2. – С. 173–181. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_32_0_173.

Alternative preparation of mining waste for metal leaching

L. V. Shumilova¹, A. N. Khat'kova¹, V. G. Cherkasov¹

¹ Transbaikal State University, Chita, Russia

Abstract: At present the new environmental standards of permissible integrated impact exerted by mining on the environment, including standard specifications of negative impact

per unit product, maximum allowable ecological concentrations and maximum permissible environmental pressure, are under development. The subject of this research is mineral raw materials contained in manmade deposits in gold mining provinces of Transbaikalia. Technological testing of gold-bearing quartz-sulfide waste is performed. Before cyanide leaching, old flotation tailings were treated with active solutions containing compound chemicals, namely, hydrogen peroxide in meta-stable and/or permanent meta-stable forms after photolysis or radiolysis processes; sulfuric acid peroxide and carbonate peroxide produced by electrochemical and photochemical synthesis; meta-stable peroxide hydroxide and hydroxide cyanide produced in liquid phase of pulp by gentle electrolysis. The studies confirm that the new methods of pulp preparation are effective: gold recovery is increased by 12.5% (from 47.7% to 60.2%) as compared to the reference check circuit. The laboratory tests with the active complexing agent (sulfuric acid peroxide and carbonate peroxide solution after photoelectrochemical treatment) increased gold recovery from mineral mining waste by 15.5% (from 36.1% to 51.1%).

Key words: gold-containing technogenic raw materials, peroxide hydroxide complexes, hydroxide-cyanide complexes, sulphuric acid peroxide solution, carbonate peroxide solution, photoelectrochemical treatment, heap leaching, oxidation of sulfide minerals and sulfur.

For citation: Shumilova L. V., Khatkova A. N., Cherkasov V. G. Alternative preparation of mining waste for metal leaching. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(3-2):173-181. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_32_0_173.

Введение

В Российской Федерации за последний период в условиях ускоренной реиндустриализации и химизации производства нередко внедрялись технологии, не отвечающие экологическим требованиям. В посттехнологический период при завершении жизненного цикла горного предприятия образовывалось большое количество техногенных отходов [1, с. 62; 2, с. 75; 3, с. 34–42].

За последние 20 лет в промышленности индустриально развитых стран всё большее значение приобретает ресурсосбережение — использование отходов горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий в качестве вторичного сырья [4, р. 500–514; 5, р. 306–324].

В настоящее время разрабатываются новые экологические нормативы допустимого комплексного воздействия (НДКВ): нормативы допустимых выбросов, технические удельные

нормативы негативного воздействия на единицу выпускаемой продукции, предельно допустимые экологические концентрации и предельно допустимые экологические нагрузки. Следует также учесть, что в ближайшее время невыполнение НДКВ повлечёт за собой экономические санкции в виде платы за негативное воздействие на окружающую среду, доходящей до 100-кратного размера ущерба.

«До конца 2020 года не менее 80 из 300 крупнейших предприятий должны перейти на так называемые наилучшие доступные технологии и получить комплексные экологические разрешения (КЭР)... Ни в коем случае нельзя допускать здесь сбоев» [цитата, Послание Президента Российской Федерации В. В. Путина Федеральному собранию 15 января 2020 г.].

Первыми (в срок до 31.12.2022 г.) подать заявку обязаны триста объектов, перечень которых должно утвердить Министерство природных ресурсов РФ.

Все остальные объекты должны получить КЭР до 1 января 2025 г. [6; 7, с. 22; 8]. Правительством РФ (паспорт Национального проекта «Экология») определён конкретный срок (01.01.2025 г.) для 6900 промышленных предприятий, которые обязаны получить КЭР [8].

Поэтому разработка экологоэкономических технологий переработки отходов предприятий горного кластера является актуальной научно-практической задачей.

Объект исследований — минеральная сырьё техногенных месторождений золоторудных провинций Забайкалья.

Цель исследований — разработка технологии переработки золотосодержащих отходов, позволяющей уменьшить эмиссии в окружающую среду.

Теория. Перспективными технологиями переработки отходов горной промышленности являются нетрадиционные методы вскрытия упорных минералов, не извлечённых классическими технологиями обогащения, на основе применения активных реагентных комплексов, снижающих расход токсичных реагентов [9, с. 362; 10, с. 406; 11–12; 13, р. 529–532; 14, р. 13–25].

Эффективными окислителями, меняющими энергетическую траекторию последующего процесса выщелачивания металла, в том числе и кучного выщелачивания (КВ), являются соединения на основе кислорода.

Следует отметить, что можно смоделировать большое количество вариантов схем создания активных реагентных комплексов разнообразного химического состава, которыми обрабатывают пульпу перед извлечением ценного компонента.

В данной работе, в отличие от ранее разработанных активных полиреагентных комплексов [9, с. 362; 10, с. 406], рассмотрены альтернативные варианты подготовки техногенных отходов

к выщелачиванию с использованием активных компонентов обрабатываемого раствора.

Важным компонентом активного раствора является озон. Получение озона: $3O_2 + W_p \leftrightarrow 2O_3$, $W_p = 285$ кДж, где W_p — энергия, для протекания реакции на 1 моль.

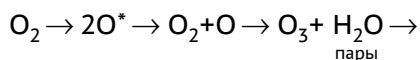
Отмечаются следующие фазовые превращения минералов: арсениопирит → скородит; пирротин → оксиды и гидроокислы железа (гетит, гидрогетит, лимонит); сульфиды → комплексные соединения оксидов и сульфатов железа и мышьяка (состава Fe, As, S, O), смеси с $FeAsO_4$; $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, в том числе ярозит, нередко с примесью мышьяка и др.

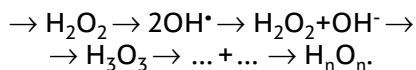
Концентрация озона, генерируемого ультрафиолетовым излучением, составит, мг/м³:

$$C_{O_3} = \frac{\alpha \cdot N \cdot P_{\text{л}} \cdot t_{\text{обл}} + \beta \cdot J_3 \cdot U_3 \cdot t_{\text{барб}}}{W_p \cdot S_{\text{элект}} \cdot L_{\text{элект}}} \cdot \mu_{O_3}, \quad (1)$$

где $t_{\text{обл}}$ — продолжительность облучения минеральной массы, мин; J_3 — ток, А; U_3 — напряжение, подаваемое на электроды в электролизёре, В; $P_{\text{л}}$ — поток лучистой энергии лампы ультрафиолетового излучения, Вт; $t_{\text{барб}}$ — продолжительность барботажа газовой фазой межэлектродного пространства электролитической ячейки, мин; W_p — энергия, необходимая для протекания реакции на 1 моль, кДж; α — коэффициент использования лучистой энергии; β_j — коэффициент использования электрического поля; $S_{\text{элект}}$ — площадь электродов электролитической ячейки, м²; $L_{\text{элект}}$ — расстояние между электродами, м.

Цепные реакции образования активных форм окислителей первого и второго порядка — O_2 , O, O_3 , H_2O_2 , OH^- , H_3O_3 , H_nO_n при пероксидной подготовке:





Активные формы кислорода в кислой среде имеют высокий окислительный потенциал — озон (O_3) — 2,07 В, перекись водорода (H_2O_2) — 1,77 В, атомарный кислород (O^*) — 2,3 В, гидроксил-радикал (OH^*) — 2,8 В, высокомолекулярные пероксиды (H_nO_n) — 1 В.

Методы исследования. Проведено технологическое тестирование золото-содержащего техногенного минерального сырья (кварц-сульфидная формация) — лежалые хвосты флотации с содержанием золота 1,1 г/т с целью определения качественного и количественного состава активных компонентов обрабатываемого раствора перед цианидным выщелачиванием.

Для технологического тестирования в качестве активного компонента обрабатываемого раствора рассмотрим использование химических соединений по двум вариантам (1 вариант, 3 вариант).

Лабораторные исследования по кучному выщелачиванию золота из агломерированных хвостов обогащения руд Дарасунского месторождения проводили с использованием активного реагента-комплексобразователя (серноокислотно-пероксидный и карбонатно-пероксидный раствор, прошедший фотоэлектрохимическую обработку), а после рециркуляции — обработку рабочих растворов [15].

Результаты и обсуждение результатов.

При лабораторных исследованиях определяли эффективность выщелачивания по трём вариантам.

Стандартная схема технологического тестирования представлена на рис. 1 (вариант 1 — предварительное цианирование, сорбция).

Подготовка техногенных отходов к выщелачиванию по варианту 2 — образование активного выщелачиваю-

щего раствора в процессе фотолиза или радиолитического процесса представлена на рис. 2.

Подготовка техногенных отходов к выщелачиванию по варианту 3 — образование активного выщелачивающего раствора в процессе фотоэлектрохимической обработки серноокислотно-пероксидного и карбонатно-пероксидного растворов.

При изучении вещественного состава геоматериала (1 вариант), выявлено, что золото находится в дисперсной форме (β^{Au} доходит до 10 г/т) и входит в состав кристаллической решётки минералов, содержащих органические включения.

По сравнению со стандартной схемой, экспериментальные методы подготовки пульпы по 2 варианту более эффективны: увеличение извлечения золота, находящегося в ультрадисперсной форме, составило 12,5 % (с 47, 7 до 60, 2 %).

По 3 варианту подготовки пульпы к выщелачиванию с одновременным сокращением расхода цианида натрия в 2,5 раза добились повышения извлечения золота на смолу (15,5 %).

Результаты экспериментального определения рациональных параметров фотоэлектрохимических воздействий по 3 варианту подготовки пульпы, представлены на рис. 3.

Заключение

Рассмотрены альтернативные варианты и химизм процесса подготовки техногенных отходов, содержащих упорные минералы с дисперсным золотом, к выщелачиванию на основе применения активных реагентных комплексов (пероксидно-гидроксидные, гидроксидно-цианидные, серноокислотно-пероксидные, карбонатно-пероксидные).

Результаты тестирования золотосодержащего техногенного минерального сырья кварц-сульфидной формации (лежалые хвосты флотации) с применением



Рис. 1. Стандартная схема технологического тестирования
Fig. 1. The standard scheme of technological testing

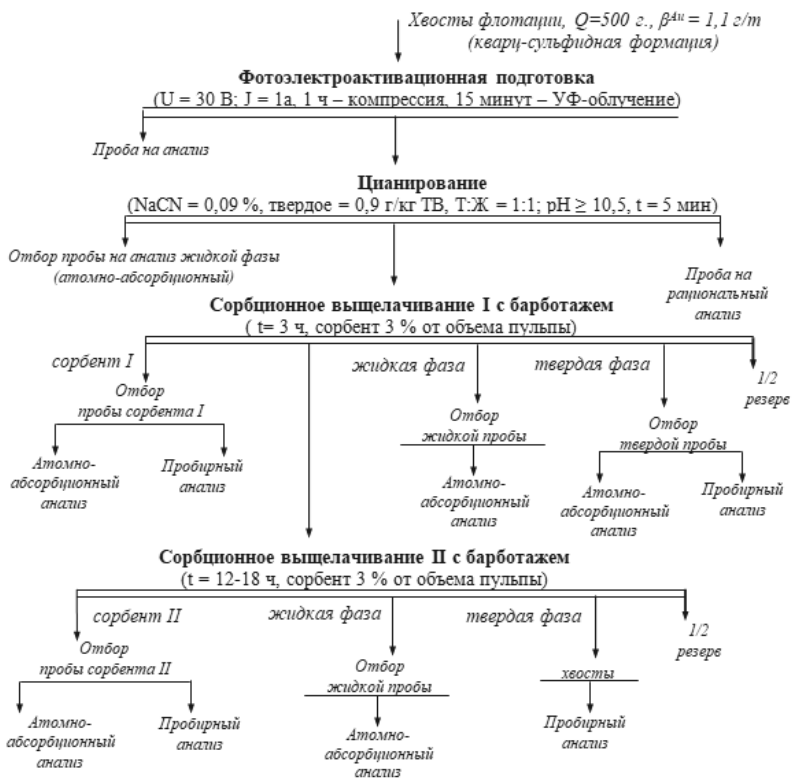
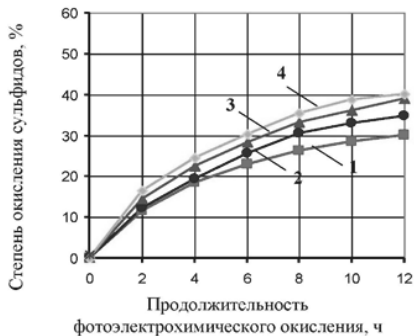
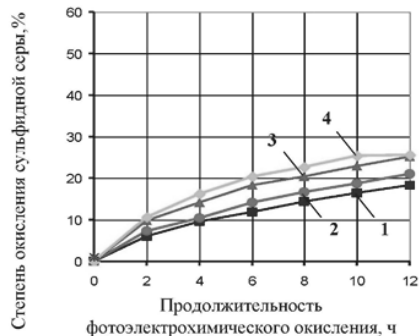


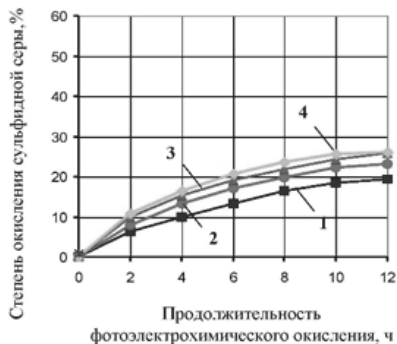
Рис. 2. Экспериментальная схема технологического тестирования по 2 варианту
Fig. 2. Experimental scheme of technological testing for 2 option



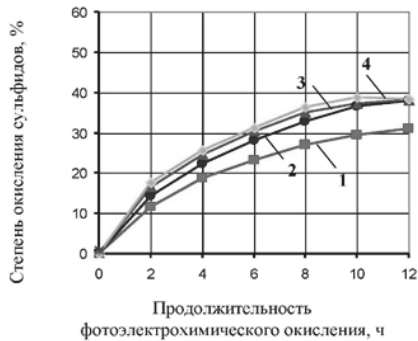
3.1. Влияние времени облучения пульпы на степень окисления сульфидов $t_{\text{бар}} = 0,5$ ч: 1 – 1 мин; 2 – 5 мин; 3 – 10 мин; 4 – 15 мин
Affecting the time of pulp irradiation on the degree of sulfide oxidation $t_{\text{бар}} = 0,5$ h: 1 – 1 min; 2 – 5 min; 3 – 10 min; 4 – 15 min



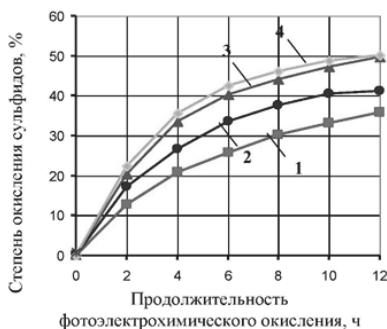
3.2. Влияние времени облучения пульпы на степень окисления сульфидной серы $t_{\text{бар}} = 0,5$ ч: 1 – 1 мин; 2 – 5 мин; 3 – 10 мин; 4 – 15 мин
Affecting the time of irradiation of the pulp on the degree of oxidation of the sulfide series $t_{\text{бар}} = 0,5$ h: 1 – 1 min; 2 – 5 min; 3 – 10 min; 4 – 15 min



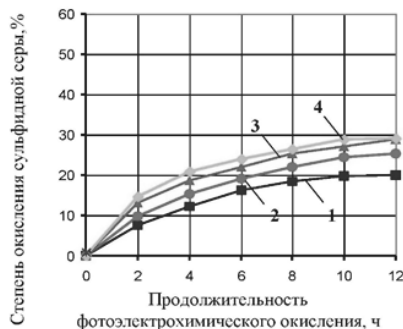
3.3. Влияние напряжения на степень окисления сульфидов $t_{\text{обл}} = 10$ мин, $t_{\text{бар}} = 1$ ч: 1 – 5 В; 2 – 10 В; 3 – 20 В; 4 – 30 В
Influence of voltage on the degree of sulfide oxidation $t_{\text{обл}} = 10$ min, $t_{\text{бар}} = 1$ h: 1 – 5 V; 2 – 10 V; 3 – 20 V; 4 – 30 V



3.4. Влияние напряжения на степень окисления сульфидной серы $t_{\text{обл}} = 10$ мин, $t_{\text{бар}} = 1$ ч: 1 – 5 В; 2 – 10 В; 3 – 20 В; 4 – 30 В
Affecting the oxidation state of the sulfide series $t_{\text{обл}} = 10$ min, $t_{\text{бар}} = 1$ h: 1 – 5 V; 2 – 10 V; 3 – 20 V; 4 – 30 V



3.5. Влияние концентрации раствора NaHCO_3 на степень окисления сульфидов отвальных хвостов $t_{\text{обл}} = 10$ мин, $t_{\text{бар}} = 1$ ч, $U = 20$ В: 1 – 1 %; 2 – 1,5 %; 3 – 2 %; 4 – 2,5 %
Influencing concentrations of NaHCO_3 solution on the degree of oxidation of tailings sulfides $t_{\text{обл}} = 10$ min, $t_{\text{бар}} = 1$ h, $U = 20$ V: 1 – 1 %; 2 – 1,5 %; 3 – 2 %; 4 – 2,5 %



3.6. Влияние концентрации раствора NaHCO_3 на степень окисления сульфидной серы отвальных хвостов $t_{\text{обл}} = 10$ мин, $t_{\text{бар}} = 1$ ч, $U = 20$ В: 1 – 1 %; 2 – 1,5 %; 3 – 2 %; 4 – 2,5 %
Influencing the concentration of NaHCO_3 solution on the degree of oxidation of the sulfide series of dump tails $t_{\text{обл}} = 10$ min, $t_{\text{бар}} = 1$ h, $U = 20$ V: 1 – 1 %; 2 – 1,5 %; 3 – 2 %; 4 – 2,5 %

Рис. 3. Определение параметров фотоэлектрохимических воздействий
Fig.3. Determination of parameters of photoelectrochemical effects

различных окислителей и комплексобразователей, в том числе полученных в результате электро- и фотосинтеза, свидетельствуют об эффективности предлагаемого способа выщелачивания: увеличение извлечения золота с 47,7 до 60,2 % по сравнению со стандартной схемой.

На лабораторной пробе хвостов обогащения руд Дарасунского месторождения апробировано новое технологическое решение — способ кучного выщелачивания свободного золота и золота в сростках из агломерированных отходов сернокислотно-пероксидным и карбонатно-пероксидным

растворами, прошедшими фотоэлектрохимическую обработку. Результат экспериментальных исследований — повышение эффективности процесса выщелачивания за счет увеличения извлечения тонкого и дисперсного золота на 15,5 % (с 36,1 % до 51,1 %).

Таким образом, выбор альтернативных вариантов подготовки техногенных отходов к выщелачиванию металлов обеспечивает реализацию ограничений и запретов экологического императива, в соответствии с Национальным проектом «Экология» и Национальным стандартом РФ «Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шпуров И. В.* Значимость и статус проекта новой классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых РФ // Недропользование XXI век. — 2019. — № 2. — С. 62.

2. *Чайников В. В.* Системная оценка техногенных месторождений // Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. — ЗАО «Геоинформмарк». Москва, 1999. — 75 с.

3. *Шелагуров В. В.* Техногенные месторождения, методы их изучения и оценки // Отечественная геология. — 1996. — № 12. — С. 34–42.

4. *Seredkin M., Zabolotsky A., Jeffress G.* In situ recovery, an alternative to conventional methods of mining: exploration, resource estimation, environmental issues, project evaluation and economics // *Ore Geology Reviews*. 2016. Vol. 79. — P. 500–514.

5. *Sinclair L., Thompson J.* In situ leaching of copper: Challenges and future prospects // *Hydrometallurgy*. 2015. Vol. 157. —P. 306–324.

6. ГОСТ Р 54097–2010. Национальный стандарт РФ. Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Методология идентификации. (Resources saving. Best available techniques. Identification methodology). Дата введения: 2012–01–01.

7. Экологически ориентированная переработка горнопромышленных отходов /Ин-т проблем комплекс. освоения недр им. акад. Н. В. Мельникова РАН; под общ. ред. акад. РАН В. А. Чантурия и докт. техн. наук И. В. Шадроновой. М.: издательство «Спутник +». 2018. — С.22.

8. Паспорт Национального проекта «Экология», утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16).

9. *Шумилова Л. В.* Научное обоснование инновационной технологии извлечения золота (разработка, апробация в условиях Забайкалья) / Л. В. Шумилова, — Изд-во: Palmarium Academic Publishing/ Германия, — 2014. — 362 с.

10. *Шумилова Л. В., Резник Ю. Н.* Комбинированные методы кюветного и кучного выщелачивания упорного золотосодержащего сырья на основе направленных фотоэлектрохимических воздействий (монография). — Чита: ЗабГУ, 2012. — 406 с.

11. Патент РФ №2510669.10.04.2014. Барбой А.(IL), Девбилов В. Ф., Фильцев Ю. Н. Способ извлечения благородных металлов из упорного сырья. Бюл. №10.

12. Патент РФ №2580356. 04.10.2016. Секисов А. Г. Ланков Б. Ю, Гринченко И. В., Лавров А. Ю. и др. Способ извлечения дисперсного золота из упорных руд и техногенного минерального сырья.

13. *Matthews T.* Dilution and ore loss projections: Strategies and considerations // SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference – Mining: Navigating the Global Waters. Denver, 2015. P. 529–532.

14. *Tripathy S. K., Ramamurthy Y., Singh V.* Recovery of chromite values from plant tailings by gravity concentration // Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering. 2011. Vol. 10, No. 1. P. 13–25. DOI: 10.4236/jmmce.2011.101002.

15. Патент РФ 2707459.26.11.2019. Мязин В. П., Шумилова Л. В. Соколова Е. С. Способ кучного выщелачивания золота из техногенного минерального сырья. **ПАТЕНТ**

REFERENCES

1. Shpurov I. V. Relevance and status of the new draft classification of solid mineral reserves and resources of the Russian Federation. *Nedropol'zovanie XXI vek.* 2019. no. 2. p. 62. [In Russ]

2. Chajnikov V. V. *Sistemnaya ocenka tekhnogennykh mestorozhdenij. Geologiya, metody poiskov, razvedki i ochenki mestorozhdenij tverdykh poleznykh iskopaemykh* [System assessment of technogenic deposits. Geology, methods of search, exploration and evaluation of deposits of solid minerals]. ЗАО «Geoinformmark». Moskva, 1999. 75 p. [In Russ]

3. Shelagurov V. V. Technological fields, methods of their study and evaluation. *Otechestvennaya geologiya.* 1996. no. 12. pp. 34–42. [In Russ]

4. Seredkin M., Zabolotsky A., Jeffress G. In situ recovery, an alternative to conventional methods of mining: exploration, resource estimation, environmental issues, project evaluation and economics. *Ore Geology Reviews.* 2016. Vol. 79. P. 500–514.

5. Sinclair L., Thompson J. In situ leaching of copper: Challenges and future prospects. *Hydrometallurgy.* 2015. Vol. 157. –P. 306–324.

6. GOST R 54097–2010. Nacional'nyj standart RF. Resursosberezhenie. Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Metodologiya identifikacii. (Resources saving. Best available techniques. Identification methodology). Data vvedeniya: 2012–01–01. [In Russ]

7. *Ekologicheski orientirovannaya pererabotka gornopromyshlennykh othodov* [Environmentally oriented processing of mining waste]. In-t problem kompleks. osvoeniya nedr im. akad. N. V. Mel'nikova RAN; pod obschch. red. akad. RAN V. A. Chanturiya i dokt. tekhn. nauk I. V. Shadrinoy. Moscow: izdatel'stvo «Sputnik +». 2018. p. 22. [In Russ]

8. *Pasport Nacional'nogo proekta «Ekologiya», utv. prezidiumom Soveta pri Prezidente Rossijskoj Federacii po strategicheskomu razvitiyu i nacional'nyim proektam* [Passport Of the national project “Ecology”, approved by the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for strategic development and national projects] (protokol ot 24 dekabrya 2018 g. no. 16). [In Russ]

9. Shumilova L. V. *Nauchnoe obosnovanie innovacionnoj tekhnologii izvlecheniya zolota (razrabotka, aprobaciya v usloviyah Zabajkal'ya)* [Scientific substantiation of the innovative technology of gold leaching (working, testing in conditions of Transbaikalie)]. Izd-vo: Palmarium Academic Publishing/ Germaniya, 2014. 362 p. [In Russ]

10. Shumilova L. V., Reznik Yu. N. *Kombinirovannyye metody kyuvetnogo i kuchnogo vyshchelachivaniya upornogo zolotosoderzhashchego syr'ya na osnove napravlennykh fotoelektrohimicheskikh vozdeystvij* [Reznik Combined methods of cuvette and heap leaching of gold-resistant materials on the basis of actions aimed to photo-electrochemical effect]. (monografiya). Chita: ZabGU, 2012. 406 p. [In Russ]

11. *Patent RF no. 2510669.10.04.2014.* Barboj A.(IL), Devbilov V. F., Fil'cev Yu. N. Sposob izvlecheniya blagorodnykh metallov iz upornogo syr'ya. Byul. no. 10. [In Russ]

12. *Patent RF no. 2580356. 04.10.2016.* Sekisov A. G. Lankov B. Yu, Grinchenko I. V., Lavrov A. Yu. i dr. Sposob izvlecheniya dispersnogo zolota iz upornyh rud i tekhnogenogo mineral'nogo syr'ya. [In Russ]

13. Matthews T. Dilution and ore loss projections: Strategies and considerations. SME Annual Conference and Expo and CMA 117th National Western Mining Conference Mining: Navigating the Global Waters. Denver, 2015. P. 529 – 532.

14. Tripathy S. K., Ramamurthy Y., Singh V. Recovery of chromite values from plant tailings by gravity concentration. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering. 2011. Vol. 10, no. 1. P. 13 – 25. DOI: 10.4236/jmmce.2011.101002.

15. *Patent RF 2707459.26.11.2019.* Myazin V. P., Shumilova L. V. Sokolova E. S. Sposob kuchnogo vyshchelachivaniya zolota iz tekhnogenogo mineral'nogo syr'ya.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Шумилова Лидия Владимировна*¹ – докт. техн. наук, доцент, профессор, email: shumilovalv@mail.ru;

*Хатькова Алиса Николаевна*¹ – докт. техн. наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе, e-mail: alisa1965.65@mail.ru;

*Черкасов Валерий Георгиевич*¹ – докт. техн. наук, доцент, профессор, e-mail: cherkasov1948@yandex.ru;

¹ Забайкальский государственный университет, Чита, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Shumilova L.V.*¹, Dr. Sci. (Eng.), associate Professor, Professor, e-mail: shumilovalv@mail.ru;

*Khat'kova A.N.*¹, Dr. Sci. (Eng.), professor, Chemistry department, Vice-Rector for Scientific and Innovation Work, e-mail: alisa1965.65@mail.ru;

*Cherkasov V.G.*¹, Dr. Sci. (Eng.), associate Professor, Professor, e-mail: cherkasov1948@yandex.ru;

¹ Transbaikal State University, Chita, Russia.

Получена редакцией 20.11.2020; получена после рецензии 17.12.2020; принята к печати 10.02.2021.

Received by the editors 20.11.2020; received after the review 17.12.2020; accepted for printing 10.02.2021.

