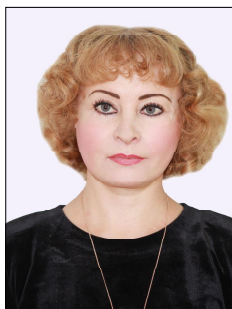


УДК 622,7

DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-6-40-49

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ СИСТЕМА УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ТЕРРИТОРИАЛЬНО ОБЪЕДИНЁННЫХ

INTEGRAL INDUSTRIAL SYSTEM OF TECHNOGENIC WASTE UTILIZATION FROM MINING ENTERPRISES, TERRITORIALLY UNITED



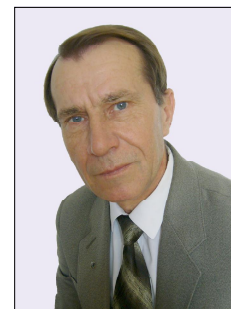
Л. В. Шумилова,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита
shumilovalv@mail.ru

L. Shumilova,
Transbaikal State University, Chita



А. Н. Хатькова,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита
alisa1965.65@mail.ru

A. Khatkova,
Transbaikal State University, Chita



В. Г. Черкасов,
Забайкальский государственный
университет, г. Чита
cherkasov1948@yandex.ru

V. Cherkasov,
Transbaikal State University, Chita

В настоящее время в России возникла необходимость импортозамещения (в том числе, технологий), поэтому масштабно осуществляется разработка справочников и регламентация порядка внедрения наилучших доступных технологий (НДТ, Best Available Technologies). Справочники НДТ, например, для горной отрасли являются базовыми документами, в которых дается пошаговое описание НДТ, обеспечивающей соблюдение обязательных показателей экологической результативности. Однако это обособленные, не связанные между собой краткие версии, не позволяющие комплексно решить проблемы дефицита МСБ и снижения рисков деградации окружающей среды.

Для решения указанных проблем требуется разработка интегральной системы утилизации техногенных отходов горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий, территориально объединённых с целью идентификации, выбора эффективных технологий из альтернативных предложений и их внедрение. *Цель исследования* – разработка интегральной системы утилизации техногенных отходов горных предприятий, территориально объединённых. *Задачи исследования*: изучение объектов размещения отходов, включённых в Государственный реестр Российской Федерации; разработка технологической схемы совместной переработки техногенного сырья различных видов; разработка стационарной юветы для круглогодичного кучного выщелачивания (КВ) золота в криолитозоне; проведение экспериментальных исследований КВ золота эффективным реагентным комплексом; разработка интегральной промышленной системы для утилизации техногенных отходов горных предприятий, территориально объединённых; разработка альтернативных вариантов КВ золота с целью выбора эффективной технологии в зависимости от характера золотой минерализации и формы нахождения благородного металла в техногенных отходах. Авторами научно обоснован и разработан один из вариантов интегральной промышленной системы замкнутого цикла с использованием мобильных оперативно перестраиваемых поточных линий, состоящих из самостоятельных модулей, для переработки техногенных отходов Дарасунского рудника – предприятия по добыче и обогащению руд Дарасунского, Теремкинского и Талатуйского месторождений золота (Тунгокоченский район, Забайкальский край). В соответствии с кадастром техногенных скоплений, источниками отходов рудника объёмом 14410,2 тыс. т являются отвалы вскрышных пород и бедных руд, техногенное сырьё хвостохранилищ, прочие скопления техногенного сырья. Проведены экспериментальные исследования КВ золота реагентным комплексом, включающим

растворы цианида натрия и перекиси водорода в соотношении $H_2O_2:NaCN=10:1$. Установлены оптимальные технологические параметры рудоподготовки и процесса выщелачивания золота из окомкованных гранул отходов различных видов при соотношении 1:0,5:0,5, соответственно забалансовая руда месторождения «Талатуй» ($\beta_{Au} = 0,7$ г/т), лежалые хвосты ($\beta_{Au} = 1,45$ г/т) и хвосты текущей переработки руды Дарасунской ЗИФ ($\beta_{Au} = 0,3$ г/т). Извлечение золота составило 87,1 %. Для осуществления круглогодичного КВ в криолитозоне сооружена заглубленная бетонная кювета с многослойным экранированием верхней поверхности штабеля и нагнетанием тёплого воздуха через специально оборудованные перфорированные винипластовые трубы и осуществлена особая укладка гранул. Отходы КВ после обезвреживания предложено использовать в дорожной и строительной отрасли. Разработанная авторами промышленная система позволяет круглогодично осуществлять КВ, коммерциализировать утилизацию техногенных месторождений как длительного периода консервации, так и текущей добычи и переработки, повысить экологическую безопасность градообразующих предприятий горного кластера. Предложены альтернативные варианты с целью выбора эффективной технологии

Ключевые слова: *деградация окружающей среды; дефицит МСБ; интегральная промышленная система; техногенное сырьё; кучное выщелачивание; криолитозона; цианид натрия; перекись водорода; кювета; круглогодичное выщелачивание*

At present, there is a need for import substitution (including technologies) in Russia, so the manuals development and regulation of the best available technologies (BAT, Best Available Technologies) are underway. BAT manuals, for example, for the mining industry are basic documents that provide a step-by-step description of BAT, ensuring compliance with obligatory environmental performance indicators. However, these are isolated, unrelated short versions that do not allow for a comprehensive solution to the problems of available mineral resources (AMR) deficit and reduction of environmental degradation risks. To solve the above problems, it is necessary to develop an integrated system for the disposal of man-made waste from mining and mining processing enterprises, geographically united, in order to identify, select effective technologies from alternative proposals and their implementation.

The purpose of the study is to develop an integrated system for the disposal of technogenic waste from mining enterprises that are geographically united. Research objectives: study of waste disposal facilities included in the State Register of the Russian Federation; development of a technological scheme for the joint processing of technogenic raw materials of various types; development of a stationary cuvette for year-round heap leaching (KV) of gold in the cryolithozone; conducting experimental studies of KV gold with an effective reagent complex; development of an integrated industrial system for the disposal of technogenic waste from mining enterprises, geographically united; development of alternative options for the production of gold in order to choose an effective technology, depending on the nature of gold mineralization and the form of finding the precious metal in man-made waste.

The authors have scientifically substantiated and developed the variants of the integrated industrial system of the closed cycle, using mobile operatively tunable flow lines consisting of independent modules for technogenic waste processing of Darasunsky mine - the enterprise for extraction and ore enrichment of Darasunsky, Teremkinsky and Talatuysky gold deposits (Tungokochensky and Transbaikal regions). According to the cadastre of technogenic accumulations, the sources of mine wastes with the volume of 14410.2 thousand tons are waste dumps of overburden rocks and poor ores, technogenic raw materials of tailing dumps, other accumulations of technogenic raw materials. Experimental studies of gold heap leaching (HL) by the reagent complex including solutions of sodium cyanide and hydrogen peroxide in the ratio – $H_2O_2:NaCN=10:1$ have been carried out. Optimal technological parameters of ore preparation and gold leaching process from waste pelletized granules of different types at a ratio of 1:0.5:0.5 are established, accordingly, out of balance ores of the Talatuy deposit ($\beta_{Au} = 0.7$ g/t), underlaid tailings ($\beta_{Au} = 1.45$ g/t) and tailings of the current ore processing of Darasunsky gold concentration plant (GCP) ($\beta_{Au} = 0.3$ g/t). Gold recovery has amounted 87.1%. In order to implement year-round heap leaching in the cryolite zone, a deepened concrete ditch with multilayer shielding of the upper surface of the stack by injecting warm air through specially equipped perforated vinyl pipes has been installed and a special pelletized granules placement has been carried out. After neutralization KV waste has been proposed to be used in the road construction industry. The industrial system developed by the authors makes it possible to carry out all year round KV, to commercialize utilization of man-caused deposits, both for a long conservation period and the current production and processing, to improve the environmental safety of the city-forming enterprises of the mining cluster. Alternative options are proposed in order to choose an effective technology

Key words: *environmental degradation; shortage of SMEs; integrated industrial system; technogenic raw materials; heap leaching; cryolithozone; sodium cyanide; hydrogen peroxide; cuvette; year-round leaching*

Введение. Высокая доля добывающих отраслей промышленности в Уральском, Сибирском и Дальневосточном ФО объясняет большое количество (76,62 %) специализированных объектов для хранения отходов. Эти техногенные месторождения в основном являются потенциальными минерально-сырьевыми объектами физико-химической геотехнологии (ФХГ), в частности кучного выщелачивания [1–6].

Можно констатировать, что отсутствует единый регламентированный подход к изучению и систематизации техногенных месторождений. Кадастровая (прогнозная) оценка современного состояния минерально-сырьевой базы техногенных образований в целом по России и конкретных техногенных объектов, в частности, является важным начальным этапом системной оценки техногенных месторождений [7].

В сложившейся ситуации, с учетом общего состояния МСБ страны, минерально-ресурсного потенциала горнопромышленных отходов, их негативного влияния на окружающую природную среду, настоятельной необходимостью является развитие единого технологического цикла добычи и переработки полезных ископаемых до уровня вовлечения в хозяйственный оборот техногенных отходов (месторождений): «добыча – переработка – размещение отходов – утилизация».

В России осуществляется импортозамещение (в том числе технологий, относящихся к наилучшим доступным технологиям – НДТ, Best Available Technologies). Справочники НДТ для горной отрасли являются базовыми документами, в которых дается пошаговое описание НДТ. Однако комплексное решение проблемы дефицита МСБ и снижения рисков деградации окружающей среды в конкретном регионе по определённым типам минерального сырья по-прежнему является прерогативой учёных и производителей.

Актуальность исследований заключается в необходимости разработки интегральной системы утилизации техногенных отходов горных градообразующих предприятий, территориально объединённых с целью оздоровления экологической ситуации в муниципальных образованиях.

Цель исследования – разработка интегральной системы утилизации техногенных отходов горных предприятий, территориально объединённых.

Задачи исследования: изучение объектов размещения отходов, включённых в Государственный реестр Российской Федерации; разработка технологической схемы совместной переработки техногенного сырья различных видов; разработка стационарной кюветы для круглогодичного КВ золота в криолитозоне; проведение экспериментальных исследований КВ золота эффективным реагентным комплексом; разработка интегральной промышленной системы для утилизации техногенных отходов горных предприятий, территориально объединённых; разработка альтернативных вариантов КВ золота с целью выбора эффективной технологии в зависимости от характера золотой минерализации и формы нахождения благородного металла в техногенных отходах.

Объект исследования – техногенные отходы Дарасунского рудника – предприятия по добыче и обогащению руд Дарасунского, Теремкинского и Талатуйского месторождений золота (Тунгокоченский район, Забайкальский край).

Предмет исследования – процесс выщелачивания золота из техногенных отходов различных видов.

Методы исследования. Ситовой, спектральный, оптический эмиссионный, атомно-абсорбционный, фазовый геохимический, электронно-микроскопический, рентгенофлуоресцентный анализы и др. Методы математической статистики.

Разработанность темы. Объекты размещения отходов (ОРО) включаются в Государственный реестр Российской Федерации (ГРОРО). Систематизированные сведения о 3,5 тыс. ОРО по федеральным округам РФ, представлены на рис.1.

По данным Федеральной службы государственной статистики из 5060,2 млн т образованных в 2015 г. отходов производства и потребления, на сектор добычи полезных ископаемых приходилось 92 % (4653,0 млн т) [www.gks.ru – website of the Federal state statistics service of Russia.].

Оценка техногенных минеральных объектов осуществляется на основе уточненной информационной базы данных и предусматривает обоснование принципиальной возможности промышленного использования конкретного вида техногенного сырья на основе комплексного учета геологических, технологических, экологических, социальных и экономических показателей [8–16].

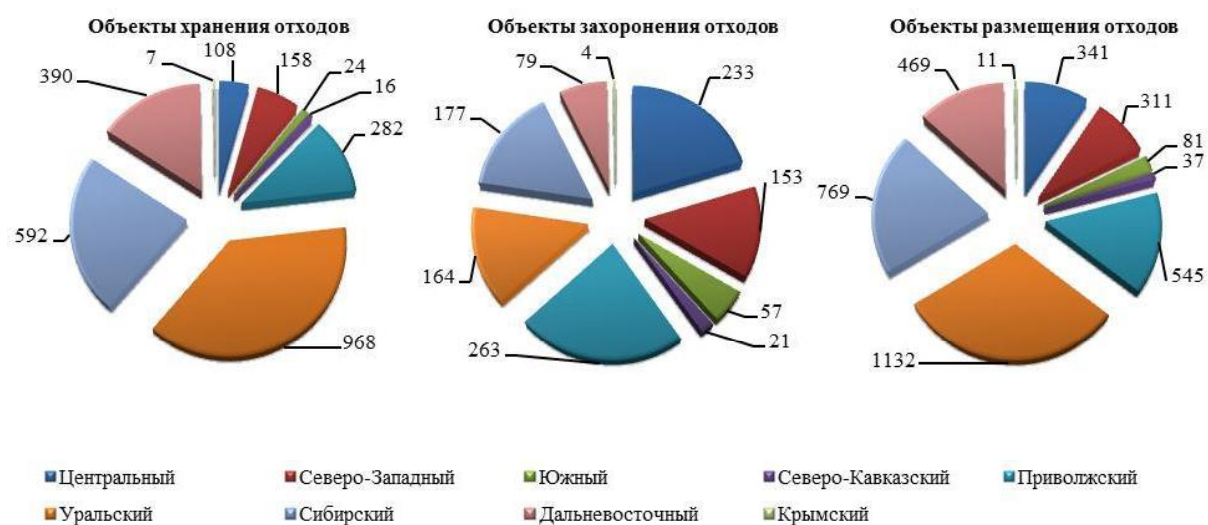
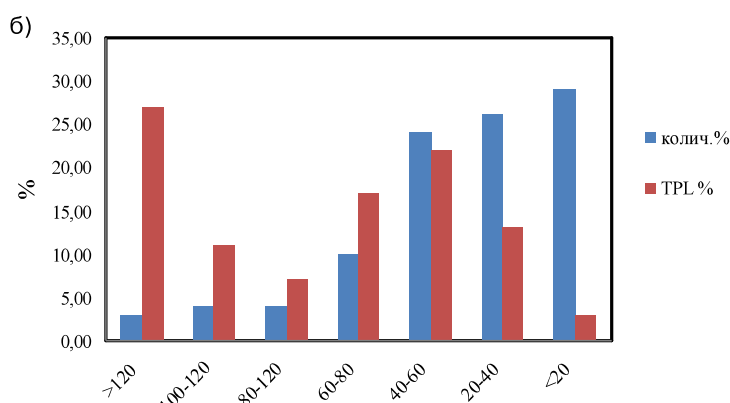
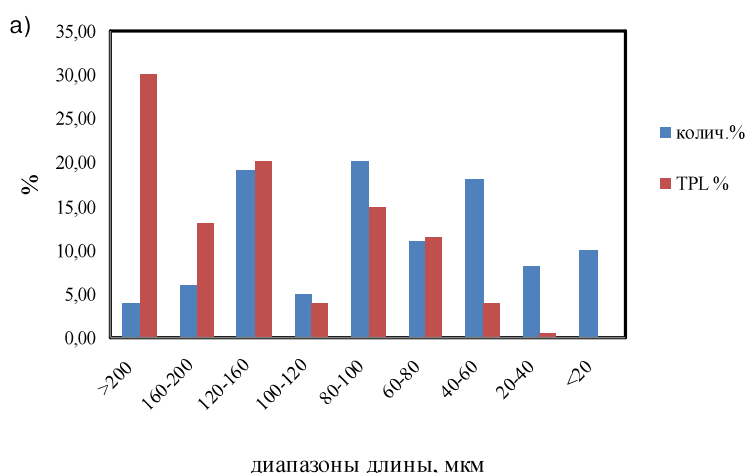


Рис. 1. Распределение ОРО, включенных в ГРОРО, по федеральным округам / Fig. 1. Distribution of waste disposal site included in the State Register of the Russian Federation per federal districts

Современные анализаторы изображения, такие как «Квантимет», «Маджискан», «Эпиквант», системы анализа изображения «ВидеоМастер», позволяют осуществлять оптико-геометрический анализ с целью определения потенциальной возможности извлечения золота из геоматериала отходов горного производства.

Результаты исследования и их обсуждение. Пример количественного и массового распределения частиц свободного золота в хвостах обогатительной фабрики, полученных с применением системы анализа изображения «ВидеоМастер», показан на рис. 2.

Технологическая схема экспериментальных исследований совместной переработки техногенного золотосодержащего сырья различных видов методом кучного выщелачивания представлена на рис. 3.



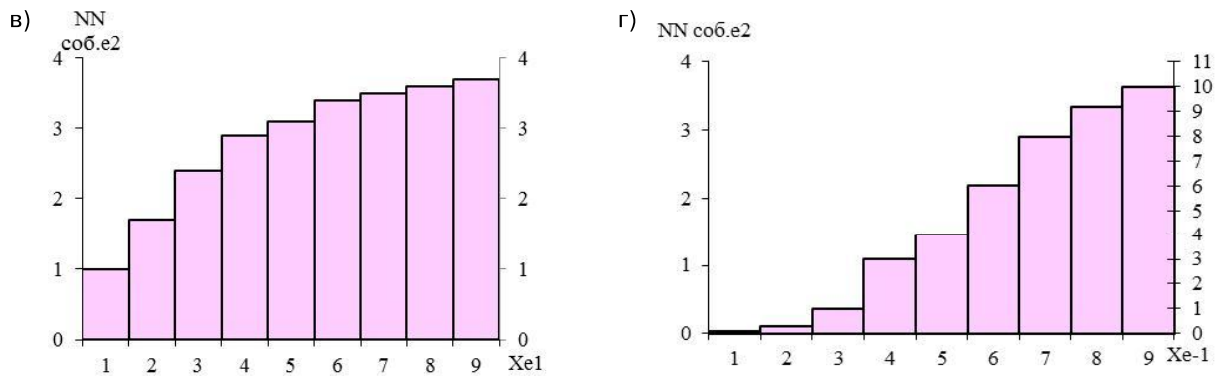


Рис. 2. Результаты изучения вещественного состава частиц свободного золота в хвостах обогатительной фабрики (дифференциальные и интегральная гистограммы): а) количественное (колич. %) и массовое (TPL, %) распределение частиц по крупности (длине); б) количественное (колич. %) и массовое (TPL, %) распределение частиц по ширине; в) распределение зерен одного из минералов по длине; г) распределение зерен одного из минералов сырья по округлости / Fig. 2. Study results of the free gold particles' material composition in the tailings of the processing plant (differential and integral histograms): a) quantitative (number %) and mass (TPL, %) distribution of particles by size (length); b) quantitative (number %) and mass (TPL, %) distribution of particles along the width; c) distribution of grains of one of the minerals along the length; d) distribution of grains of one of the minerals of the raw material along the roundness

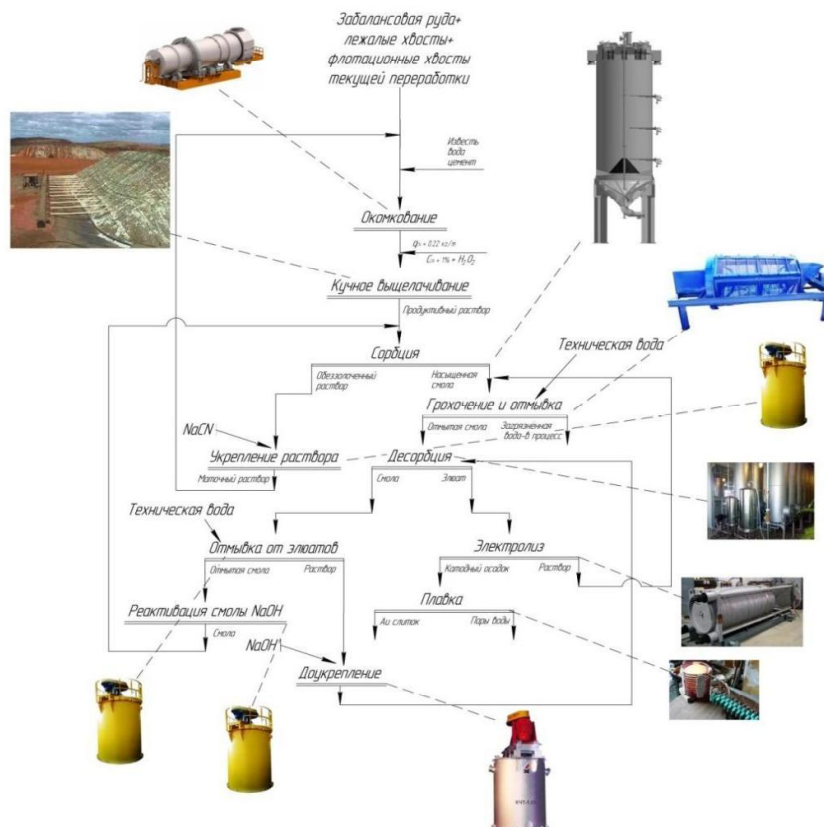


Рис. 3. Технологическая схема совместной переработки техногенного сырья различных видов / Fig. 3. Technological scheme of joint processing of technogenic raw materials of various types

Проведены экспериментальные исследования КВ золота реагентным комплексом, включающим растворы цианида натрия и перекиси водорода в соотношении – $H_2O_2:NaCN=10:1$. Установлены оптимальные технологические параметры рудоподготовки и процесса выщелачивания золота из окомкованных гранул отходов различных видов при соотношении 1:0,5:0,5 соответственно, забалансовая руда месторождения «Талатуй» ($\beta_{Au} = 0,7$ г/т), лежалые хвосты ($\beta_{Au} = 1,45$ г/т) и хвосты текущей переработки руды Дарасунской ЗИФ ($\beta_{Au} = 0,3$ г/т). Извлечение золота составило 87,1 %.

Новое техническое инженерное решение для эксплуатации полигона КВ в криолитозоне и результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 4. Для

осуществления круглогодичного КВ в криолитозоне сооружена заглубленная бетонная кювета с многослойным экранированием верхней поверхности штабеля и нагнетанием тёплого воздуха через специально оборудованные перфорированные виниловые трубы и осуществлена особая укладка гранул. Отходы КВ после обезвреживания предложено использовать в дорожной и строительной отрасли.

Аналогично проведены исследования по другим типам минерального сырья (характер золотой минерализации, форма золота) и предложены альтернативные варианты технологий кучного выщелачивания золота из техногенных отходов, защищённые патентами РФ (рис. 5).

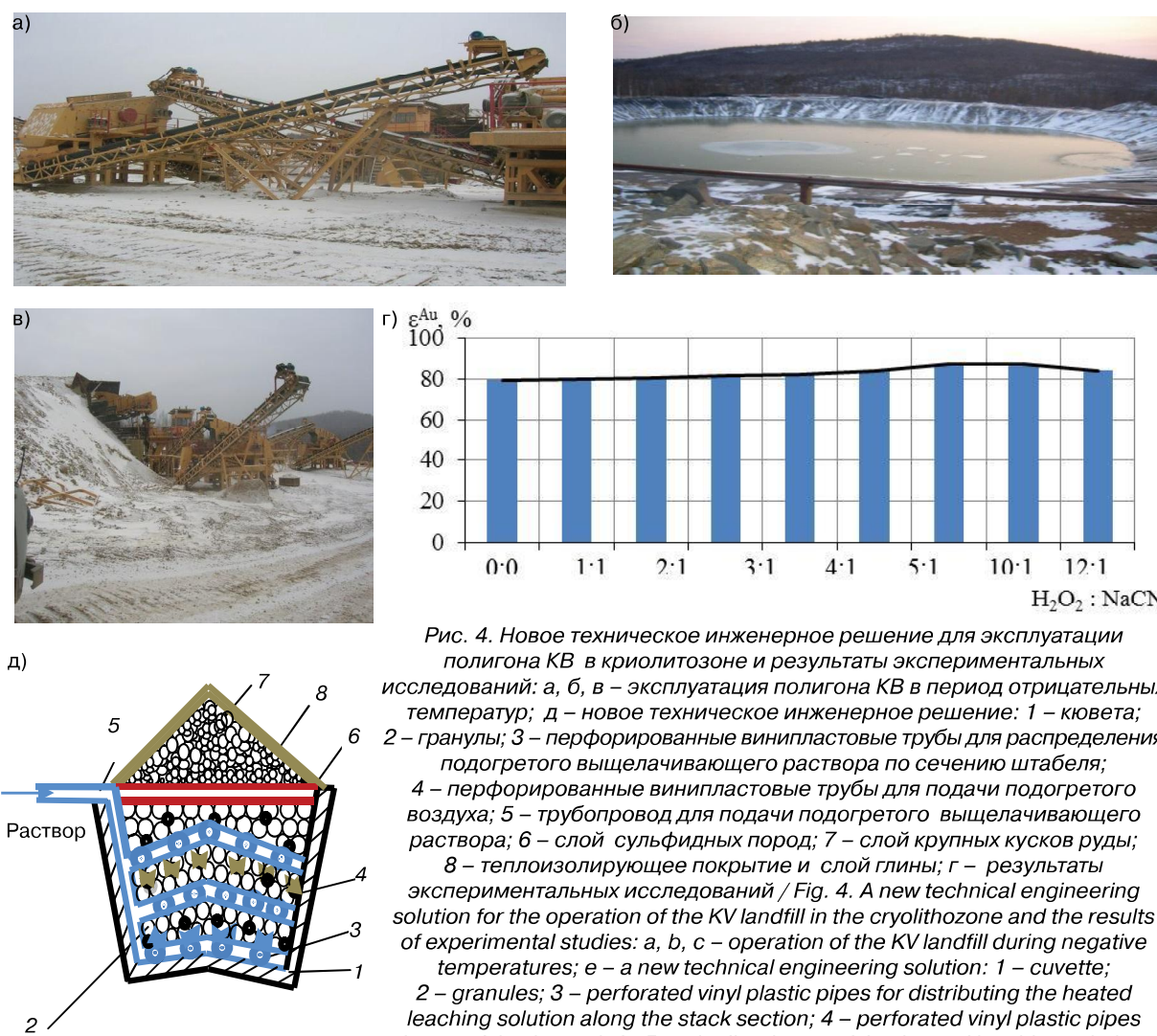


Рис. 4. Новое техническое инженерное решение для эксплуатации полигона КВ в криолитозоне и результаты экспериментальных исследований: а, б, в – эксплуатация полигона КВ в период отрицательных температур; д – новое техническое инженерное решение: 1 – кювета; 2 – гранулы; 3 – перфорированные виниловые трубы для распределения подогретого выщелачивающего раствора по сечению штабеля; 4 – перфорированные виниловые трубы для подачи подогретого воздуха; 5 – трубопровод для подачи подогретого выщелачивающего раствора; 6 – слой сульфидных пород; 7 – слой крупных кусков руды; 8 – теплоизолирующее покрытие и слой глины; г – результаты экспериментальных исследований / Fig. 4. A new technical engineering solution for the operation of the KV landfill in the cryolithozone and the results of experimental studies: a, b, c – operation of the KV landfill during negative temperatures; e – a new technical engineering solution: 1 – cuvette; 2 – granules; 3 – perforated vinyl plastic pipes for distributing the heated leaching solution along the stack section; 4 – perforated vinyl plastic pipes for supplying heated air; 5 – a pipeline for supplying heated leaching solution; 6 – a layer of sulfide rocks; 7 – a layer of large pieces of ore; 8 – heat-insulating coating and a layer of clay; d – results of experimental studies

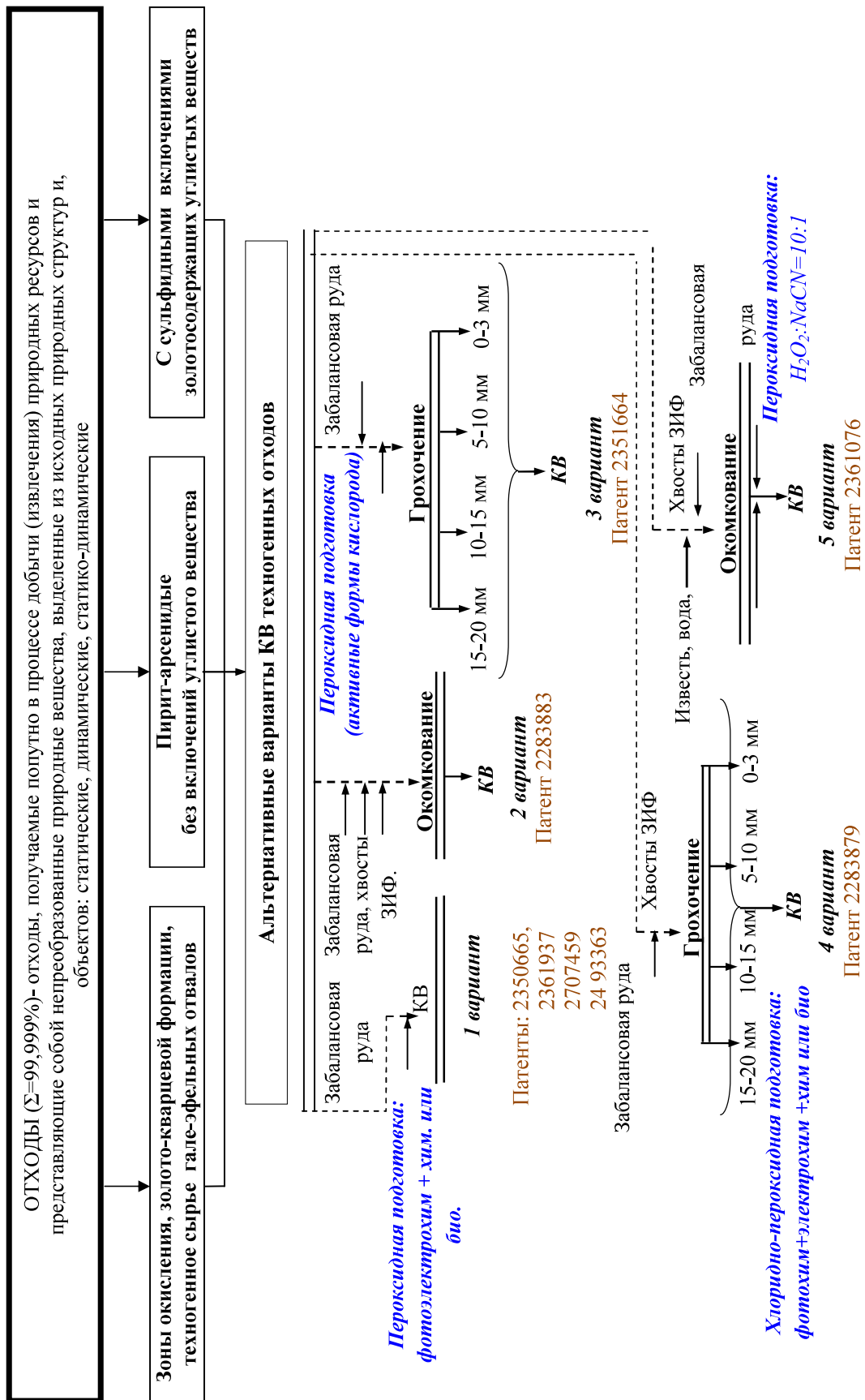


Рис. 5. Альтернативные варианты KV золота / Alternative options for KV gold

Заключение. Разработана интегральная промышленная система утилизации техногенных отходов горных предприятий, территориально объединённых для круглогодичной переработки техногенных отходов в криолитозоне.

Проведены экспериментальные исследования выщелачивания золота раствором цианида натрия и перекиси водорода из техногенного сырья различных видов (заба-

лансовая руда, лежалые хвосты и хвосты текущей переработки) на укрупнённой лабораторной пробе. Геоматериал предварительно окомковывался.

Предложены варианты кучного выщелачивания золота из техногенных отходов различных видов с целью оперативной идентификации типа геоматериала и выбора эффективных технологий из альтернативных, защищённых патентами РФ.

Список литературы

1. Крупская Л. Т., Мелконян Р. Г., Зверева В. П., Растинина Н. К., Голубев Д. А., Филатова М. Ю. Опасность отходов, накопленных горными предприятиями в Дальневосточном федеральном округе, для окружающей среды и рекомендации по снижению риска экологических катастроф // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 12. С. 102–112.
2. Крупская Л. Т., Мелконян Р. Г., Майорова Л. П., Голубев Д. А. Экологическая реабилитация территорий, подвергшихся воздействию объектов накопленного экологического ущерба (хвостохранилищ) в результате прошлой хозяйственной деятельности бывших горных предприятий в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 4. С. 5–15.
3. Патент № 2707459 Российская Федерация. Способ кучного выщелачивания золота из техногенного минерального сырья: опубл. 26.11.2019 / Мязин В. П., Шумилова Л. В., Соколова Е. С.; заявитель ЗабГУ.
4. Рассказов И. Ю., Литвинцев В. С., Мирзеханов Г. С., Банщикова Т. С. Приоритетные направления освоения техногенных комплексов рудно-россыпных месторождений // Недропользование. XXI век. 2016. № 1. С. 46–55.
5. Секисов А. Г., Лавров А. Ю., Рассказова А. В. Фотохимические и электрохимические процессы в геотехнологии. Чита: ЗабГУ, 2019. 306 с.
6. Федотов П. К., Сенченко А. Е., Федотов К. В., Бурдонов А. Е. Исследования обогатимости сульфидных и окисленных руд золоторудных месторождений Алданского щита // Записки Горного института. 2020. Т. 242. С. 218–227.
7. Физико-химическая геотехнология / под общ. ред. В. Ж. Аренса. М.: Горная книга, 2021. 816 с.
8. Яковлев В. Л., Корнилов С. В., Соколов И. В. Инновационный базис стратегии комплексного освоения ресурсов минерального сырья. Екатеринбург: Изд-во Уральского отделения РАН, 2018. 360 с.
9. Яницкий Е. Б., Игнатенко И. М. Горнодобывающая отрасль Белгородской области: наука и производство // Горный журнал. 2020. № 7. С. 44–50.
10. Anderson C. G. Alkaline sulfide gold leaching kinetics // Minerals Engineering. 2016. Vol. 92. P. 248–256.
11. Bobadilla-Fazzini R., Perez A. G., Gautier V., Jordan H., Parada P. Primary copper sulfides bioleaching vs. chloride leaching: advantages and drawbacks // Hydrometallurgy, 2017. Vol. 168. P. 26–31.
12. Bubnova M. B., Ozaryan Y. A. Integrated assessment of the environmental impact of mining // Journal of Mining Science. 2016. Vol. 52. No. 2. P. 401–409.
13. Hatje V., R. M. A. Pedreira, de Rezende C. E., Augusto C., Schettini F. de Souza G. C., Marin D. C., Hackspacher P. C. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide // Scientific reports. 2017, Vol. 7. Article 10706. DOI: 10.1038/s41598-017-11143-x.
14. Naumov V. A., Naumova O. B., Osovetskiy B. M. Transforming the leaching of gold ore // Modern Problems of Science and Education. 2013. No. 6. P. 32–43.
15. Rosenfeld C. E., Chaney R. L., Martinez C. E. Soil geochemical factors regulate Cd accumulation by metal hyperaccumulating *Noccaea caerulea* (J. Presl & C. Presl) Fk Mey in field-contaminated soils // Science of the Total Environment. 2018. Vol. 616. P. 279–287.
16. Velasquez-Yevenes L., Torres D., Toro N. Leaching of chalcopyrite ore agglomerated with high chloride concentration and high curing periods // Hydrometallurgy. 2018. № 181. P. 215–220.

References

1. Krupskaya L. T., Melkonyan R. G., Zvereva V. P., Rastanina N. K., Golubev D. A., Filatova M. Yu. *Mining information and Analytical* (Mining information and analytical bulletin), 2018, no. 12, pp. 102–112.
2. Krupskaya L. T., Melkonyan R. G., Mayorova L. P., Golubev D. A. *Mining information and Analytical Bulletin* (Mining information and analytical bulletin), 2017, no. 4, pp. 5–15.
3. Patent № 2707459 Rossiyskaya Federatsiya. *Sposob kuchnogo vyschelachivaniya zolota iz tehnogenogo mineralnogo syriya: opubl. 26.11.2019 / Myazin V. P., Shumilova L. V. Sokolova Ye. S.; zayavitel ZabGU* (Patent No. 2707459 Russian Federation. Method for heap leaching of gold from technogenic mineral raw materials: publ. 11/26/2019 / Myazin V. P., Shumilova L. V., Sokolova E. S.; applicant ZabGU).
4. Rasskazov I. Yu., Litvintsev V. S., Mirzekhanov G. S., Banschikova T. S. *Nedropolzovaniye XXI vek* (Subsoil use. XXI century), 2016, no. 1, pp. 46–55.
5. Sekisov A. G., Lavrov A. YU., Rasskazova A. V. *Fotokhimicheskiye i elektrokhimicheskiye protsessy v geotekhnologii* (Photochemical and electrochemical processes in geotechnology). Chita: ZabGU, 2019, 306 p.
6. Fedotov P. K., Senchenko A. Ye., Fedotov K. V., Burdonov A. Ye. *Zapiski Gornogo instituta* (Notes of the Mining Institute), 2020, vol. 242, p. 218–227.
7. *Fiziko-himicheskaya geotekhnologiya / pod obshch. red. V. Zh. Arensa* (Physico-chemical geotechnology / under total. ed. V. Zh. Arens). Moscow: Gornaya kniga, 2021, 816 p.
8. Yakovlev V. L., Kornilkov S. V., Sokolov I. V. *Innovatsionnyy bazis strategii kompleksnogo osvoyeniya resursov mineralnogo syriya* (Innovative basis of the strategy for the integrated development of mineral resources). Yekaterinburg: Publishing house of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2018, 360 p.
9. Yanitskiy Ye. B., Ignatenko I. M. *Gornyy zhurnal* (Mining Journal), 2020, no. 7, pp. 44–50.
10. Anderson C. G. *Minerals Engineering* (Minerals Engineering), 2016, vol. 92, pp. 248–256.
11. Bobadilla-Fazzini R., Perez A. G., Gautier V., Jordan H., Parada P. *Hydrometallurgy* (Hydrometallurgy), 2017, vol. 168, pp. 26–31.
12. Bubnova M. B., Ozaryan Y. A. *Journal of Mining Science* (Journal of Mining Science), 2016, vol. 52, no. 2, pp. 401–409.
13. Hatje V., R. M. A. Pedreira, de Rezende C. E., Augusto C., Schettini F. de Souza G. C., Marin D. C., Hackspacher P. C. *Scientific reports* (Scientific reports), 2017, vol. 7, article 10706. DOI: 10.1038/s41598-017-11143-x.
14. Naumov V. A., Naumova O. B., Osovetskiy B. M. *Modern Problems of Science and Education* (Modern Problems of Science and Education), 2013, no. 6, pp. 32–43.
15. Rosenfeld C. E., Chaney R. L., Martinez C. E. *Science of the Total Environment* (Science of the Total Environment), 2018, vol. 616, pp. 279–287.
16. Velasquez-Yevenes L., Torres D., Toro N. *Hydrometallurgy* (Hydrometallurgy), 2018, № 181, pp. 215–220.

Информация об авторе

Шумилова Лидия Владимировна, д-р техн. наук, доцент, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых, физико-химическая геотехнология, инновационные технологии, экоинженерия
shumilovalv@mail.ru

Хатькова Алиса Николаевна, д-р техн. наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: минералого-технологическая оценка неметаллических полезных ископаемых, обоснование методов обогащения и разработка современных технологий переработки нетрадиционных видов минерального сырья для расширения сфер их практического применения.
alisa1965.65@mail.ru

Черкасов Валерий Георгиевич, д-р техн. наук, доцент, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: машины и аппараты горно-обогатительного производства
cherkasov1948@yandex.ru

Information about the author

Lidiya Shumilova, doctor of technical sciences, associate professor, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: mineral processing, physical and chemical geotechnology, innovative technologies, eco-engineering

Alisa Khatkova, doctor of technical sciences, professor, Chemistry department, Vice-Rector for Scientific and Innovation Work, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: research interests: mineral and technological assessment of non-metallic minerals, justification of enrichment methods and development of modern technologies for processing non-traditional types of mineral raw materials to expand their practical application

Valery Cherkasov, doctor of technical sciences, associate professor, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: machines and devices for mining and processing industry

Для цитирования

Шумилова Л. В., Хатькова А. Н., Черкасов В. Г. Интегральная промышленная система утилизации техногенных отходов горных предприятий, территориально объединённых // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 6. С. 40–49. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-6-40-49.

Shumilova L., Khatkova A., Cherkasov V. Integral industrial system of technogenic waste utilization from mining enterprises, territorially united // Transbaikal State University Journal, 2021, vol. 27, no. 6, pp. 40–49. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-6-40-49.

Статья поступила в редакцию: 06.07.2021 г.
Статья принята к публикации: 15.07.2021 г.