

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 6 / 2023, Vol. 15, Iss. 6 <https://esj.today/issue-6-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/32NZVN623.pdf>

1.6.21. Геоэкология (геологоминералогические науки)

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тчаро, Х. Новые подходы к повышению фильтрационных свойств штабелей кучного выщелачивания / Х. Тчаро, Я. А. Тчаро, Н. А. Мирсамиев // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/32NZVN623.pdf>

For citation:

Tcharo H., Tcharo Ya.A., Mirsamiev N.A. New approaches to improving heap leach stockpiles filtration properties. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(6): 32NZVN623. Available at: <https://esj.today/PDF/32NZVN623.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 553.3.072:622.775

Тчаро Хоноре

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Старший преподаватель Департамента недропользования и нефтегазового дела
Кандидат технических наук
E-mail: honoretcharo@yahoo.com
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=989497
ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Honore_Tcharo
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57211300325>

Тчаро Яна Алексеевна

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Старший преподаватель Департамента недропользования и нефтегазового дела
E-mail: yana_gorbyleva@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4021-3046>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1037437
ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Yana-Gorbyleva>
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAG-3092-2019>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57219775881>
Google Академия: https://scholar.google.com/citations?user=qP_9S3EAAA

Мирсамиев Нарзулло Абдугафорович

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Старший преподаватель Департамента недропользования и нефтегазового дела
E-mail: narzullomirsamiev@mail.ru

Новые подходы к повышению фильтрационных свойств штабелей кучного выщелачивания

Аннотация. Анализ накопленного до настоящего времени мирового опыта использования технологии кучного выщелачивания показывает, что существует все еще ряд проблем, решения которых позволят достичь высокой эффективности извлечения металла (более 40–60 %). Важным вопросом при кучном выщелачивании является проблема ухудшения фильтрационных свойств штабеля с течением времени из-за образования внутри него малопроницаемых слоев или зон кольматации. Фильтрационная способность массива штабеля

зависит от влияния таких факторов как гранулометрический состав массы руды, способы укладки штабеля и т. д.

В данной работе рассматриваются способы обеспечения фильтрации растворов выщелачивания или ее восстановления, имеющие определенное влияние на геотехнологические параметры штабеля кучного выщелачивания.

Предложена новая классификация подходов к урегулированию фильтрации растворов, что позволит расширить возможности применения технологии кучного выщелачивания, а также увеличить ее эффективность по сравнению с традиционным способом. Эти подходы были разделены на две категории: предупредительные и подходы, применяющиеся после снижения фильтрации, которые были подробно рассмотрены с изучением их преимуществ и недостатков.

Основной акцент был сделан на методы разрушения малофильтрационных слоев, в частности на применение нового способа, реализуемого путем использования мобильных малогабаритных роботов-червяков диаметром от 2 до 10 мм. Предпринятые попытки для решения проблемы продолжительного снижения проницаемости штабелей кучного выщелачивания все еще не дают ожидаемых результатов. Отмечена необходимость в продолжении исследований для разработки новых и более эффективных методов борьбы со снижением фильтрационных свойств горнорудной массы штабеля кучного выщелачивания.

Ключевые слова: фильтрация; штабель кучного выщелачивания; технологические растворы; проницаемость; робот-червяк; малофильтрационные слои; окомкование

Введение

Кучное выщелачивание (КВ) остается одним из широко применяемых методов извлечения драгоценных металлов (меди, никеля, урана и т. п.) из бедных руд, хвостов и отвалов благодаря простоте конструкции и используемого оборудования, низким энергозатратам и капиталовложениям. После ее измельчения на куски, размером до 25 мм и при необходимости агломерации мелких частиц добытую руду складывают в «кучу» на непроницаемое основание из гидроизоляционных материалов, для обеспечения долговременной защиты почвы и грунтовых вод от проникновения токсичных растворов.

Одной из наиболее острых проблем при кучном выщелачивании является обеспечение эффективного просачивания и контакта оросительных растворов с рудой. В частности, в практике кучного выщелачивания, даже при соблюдении всех норм, в том числе нормативных требований по орошению технологическими растворами — 5–20 л/м²/ч, подаче кислорода/воздуха — 0,1–0,5 м³/м²/ч, наблюдается с течением времени неравномерное выщелачивание металлов. Это объясняется образованием внутри штабеля зон с малопроницаемыми слоями [1], происходящим из-за разных технических, технологических, природных и других факторов.

Саморегулируемость движения технологических растворов внутри штабеля КВ обеспечивается путем выбора путей наименьшего сопротивления (поровое пространство, поровые каналы, трещины) для потоков технологических растворов. Гидравлическая извилистость каналов в штабеле играет также важную роль при оценке фильтрации растворов и эффективности процесса выщелачивания. Самоуправляемость растворов, наряду с постоянными изменениями геотехнологических параметров штабелей КВ, не позволяет достичь высокой степени эффективности выщелачивания существующими способами обеспечения оптимальной фильтрации растворов.

В данной статье рассматриваются способы подготовки руды, отсыпки кучи, оказывающих влияния на просачиваемость растворов, а также проведена классификация существующих способов по обеспечению, управлению или урегулированию фильтрационных свойств штабелей КВ. Основное внимание уделено способам восстановления фильтрации растворов путем разрушения малофильтрационных слоев, в частности с помощью внедрения малогабаритных роботов-червяков в процессе кучного выщелачивания.

Методы исследования

Исследование проводилось путем анализа факторов, влияющих на проницаемость штабелей, современных способов интенсификации процесса кучного выщелачивания, а также обобщения технико-технологического опыта по обеспечению фильтрации растворов в штабелях при кучном выщелачивании.

Результаты и обсуждения

Движение потоков растворов во многих процессах кучного выщелачивания осуществляется неравномерно из-за многих факторов, в том числе образования малофильтрационных (антифильтрационных) областей, что приводит к неполноте обработки штабелей КВ и низкой эффективности извлечения металлов. Для решения данной геотехнологической проблемы были предприняты различные подходы с целью обеспечения [2] или восстановления оптимальной фильтрационной способности штабеля и степени извлечения металла [3; 4].

Основные подходы, используемые в настоящее время, можно разделить на две группы: предупредительные подходы и подходы, применяющиеся после снижения фильтрации растворов (рис. 1).

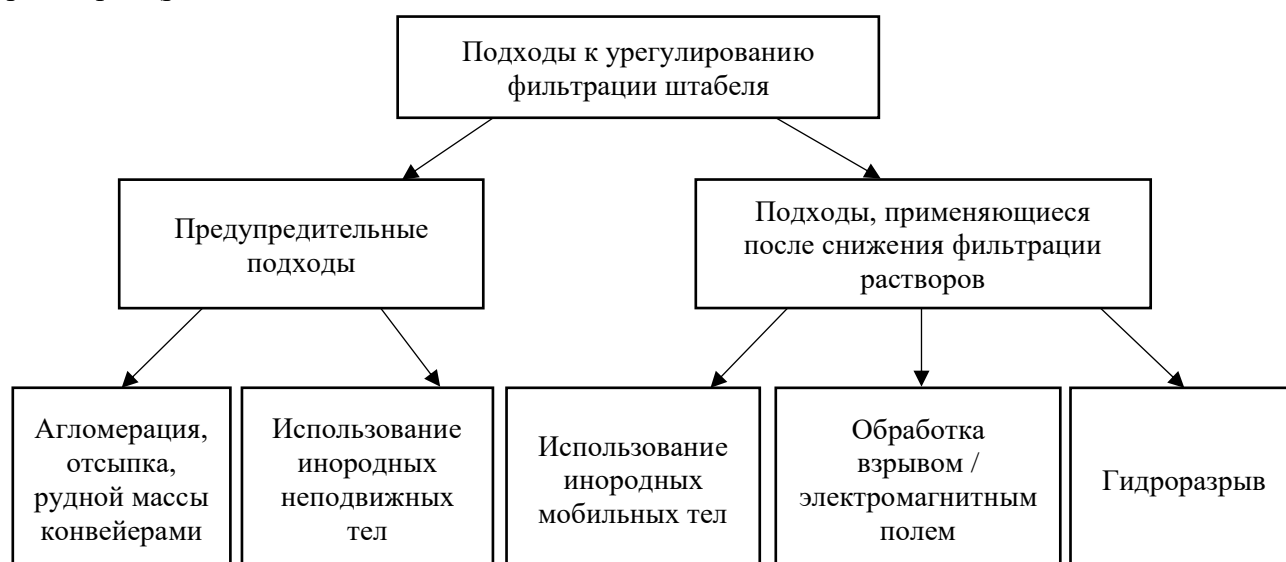


Рисунок 1. Классификация технико-технологических подходов к урегулированию фильтрации растворов в штабеле КВ (составлено/разработано автором)

Предупредительные подходы представляют собой технико-технологические решения (меры), применяющиеся заблаговременно, непосредственно до начала мероприятий по выщелачиванию для поддержания проектируемых значений показателей фильтрации выщелачивающих растворов.

К предупредительным подходам относятся оптимальный выбор методов формирования штабеля, применение инородных неподвижных тел.

Предотвращение сегрегации рудного материала, оптимизация и интенсификация процесса выщелачивания глинистого, шламистого мелкодисперсного сырья возможно за счет предварительного окомкования с добавками связующих материалов.

Окомкование/агломерация тонкодисперсных руд [5–9] заключается в перемешивании подготовленной рудной массы со связующими добавками, с последующим увлажнением полученной шихты водой или технологическими растворами, отвердеванием и упрочнением окомкованной массы. Цель данного мероприятия заключается в получении пористого, проницаемого для выщелачивающих растворов рудного материала, устойчивого к механическому воздействию (при транспортировке, отсыпке штабеля и просачивании растворов через него).

Существуют различные способы отсыпки кучи в том числе с применением самосвалов совместно с бульдозерами и экскаваторами, самосвалов с фронтальными погрузчиками грейдерами, скреперов, а также дробилок с конвейерами [10; 11].

Необходимо отметить, что применение различных механических средств для отсыпки кучи приводит к преждевременному уплотнению и слеживанию рудного массива, с последующим образованием внутри него малопроницаемых слоев или зон кольматации.

При этом уплотнение массива и уменьшение его фильтрационных свойств происходит за счет перемещения техники (например, погрузочно-разгрузочного назначения) по поверхности штабеля, неконтролируемой сегрегации дробленых частиц. Вместе с тем, в штабеле могут образоваться зоны с избыточной фильтрационной способностью, т.к. выщелачивающие растворы просачиваются в направлении областей с наименьшим сопротивлением в обход кольматирующих пространств [12–15]. Поэтому, наилучшим способом отсыпки кучи является применение конвейеров.

Еще один способ предупреждения преждевременного нарушения фильтрационных свойств штабеля заключается в использовании инородных неподвижных тел (желательно круглой формой), которые необходимо вводить в процессе отсыпки горнорудной массы. В качестве инородных тел могут выступать скорлупы ореха, опыт по применению которых имеется в Турции. Анализ экспериментальных исследований [16] показал, что при использовании скорлуп диаметром до 18 мм в размере 2,5–15 % объема руды, проницаемость штабеля с крупностью руды 2,36–18 мм повышается в 13–14 раз. Выбор диаметра и объема скорлуп должен осуществляться в зависимости от крупности руды, начальной проницаемости штабеля КВ и др.

Тем не менее ввиду ограниченного наличия скорлуп, обеспечение их количества в порядке 5 % всего объема штабеля достаточно и позволяет достичь приемлемую скорость фильтрации растворов [16].

К преимуществам применения скорлуп относятся увеличение фильтрации, уменьшение продолжительности процесса, дешевизна приобретения, простота использования, положительное воздействие расщепленных и разрушенных скорлуп при рекультивации штабеля.

Недостатками данного метода являются ограниченность области произрастания, наличие ограниченного количества скорлуп, поглощение полезных частиц руды (компонентов) в теле скорлупы, расщепление и разрушение целостности структуры органического тела за счет контакта с агрессивной средой.

Таким образом, необходимо исследовать возможности использования других инородных неподвижных тел, которые не подвергаются воздействию агрессивных средств и целостности, которых не разрушается с течением времени.

Подходами, принятыми после снижения фильтрации растворов, являются технико-технологические решения, направленные на восстановление фильтрации штабеля в процессе выщелачивания.

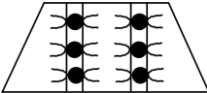
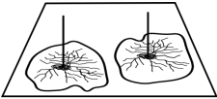

При данных подходах, в течение некоторого периода времени выщелачивания, штабеля КВ подвергаются геофизической съемке параметров участков с малофильтрационными характеристиками и низким извлечением полезного компонента (положении, свойств, наличия аномалий и т. д.).

На практике геофизические исследования разделяют на две группы: активные и пассивные. При пассивной геофизической съемке (гравитационной и магнитной) производятся измерения естественного состояния или свойств штабеля КВ. Активные геофизические исследования предполагают подачу искусственно создаваемых упругих волн в штабель для оценки получения точной информации об его структуре. Например, геофизическое исследование рудных штабелей позволяют получить геоэлектрический разрез [17], на котором за счет удельно электрического сопротивления (УЭС) можно определить влажность руды. При этом, чем больше в слоях содержится растворов и других растворимых веществ, тем меньше будет их удельное сопротивление.

В работе ¹ проведено компьютерное моделирование для понимания влияния малофильтрационных слоев на просачиваемость растворов. Для чего были искусственно созданы малопроницаемые слои с пористостью 15 %, проницаемостью 0,01 мкм² и проницаемые слои со значениями пористости — 35 % и проницаемости — 2,3 мкм², при обеспечении постоянной требуемой скорости орошения массива равной 2,78·10⁻⁶ м³/с/м². В результате было установлено, что значение гидравлической проводимости растворов оставалось низким и не превышало 2·10⁻⁶ м³/с/м²) в малофильтрационных слоях.

Таблица 1

Методы разрушения малопроницаемых областей

Методы восстановления фильтрации	Схематическое представление	
	буровзрыв	взрыв
Обработка взрывом		
Гидродрозыв		
Воздействие электромагнитного поля		
Создание поровых каналов инородными мобильными телами		

Составлено/разработано автором

¹ Тчаро Х. Разработка перспективных способов интенсификации кучного выщелачивания золота: специальность 25.00.13 "Обогащение полезных ископаемых": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тчаро Хоноре, 2021. — 142 с. — EDN FHAZHU.

Восстановление фильтрационных свойств таких объектов возможно только путем применения методов разрушения малопроницаемых слоев, образующихся в процессе выщелачивания (табл. 1).

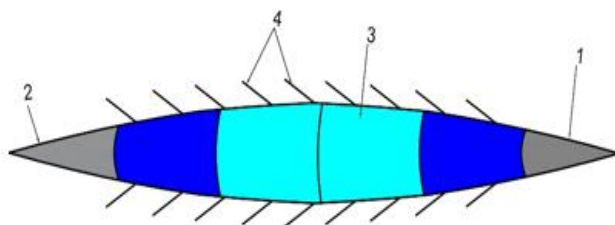
При обработке буровзрывом, скважины бурят в направлении зон кольматации, закачивают в них рабочие растворы высокой концентрации под давлением, с последующим взрыванием низкоплотных зарядов взрывчатого вещества (ВВ), размещенных в пробуренных скважинах. Далее происходит довыщелачивание горнорудной массы путем орошения штабеля рабочим раствором низкой концентрации.²

Гидроразрыв осуществляется путем закачки рабочих растворов под давлением в пробуренные скважины в выделенных зонах с пониженной фильтрацией.³ В случае плохо консолидированного или неконсолидированного штабеля бурение осуществляется с установкой обсадной трубы для удобства проведения мероприятия.

Вследствие проведения электромагнитного воздействия происходит повышение подвижности рабочих растворов, увеличение фильтрационных показателей штабеля, что способствует дополнительному извлечению полезного компонента.

Одной из новейших технологий, позволяющей более равномерно и эффективно обработать штабеля КВ выщелачивающими растворами является применение мобильных инородных тел, способствующих перемещаться в штабеле КВ, с целью обеспечения эффективной обработки штабеля технологическими растворами.

Для разрушения малофильтрационных слоев и обеспечения более равномерной проработки всего объема руды в работах⁴ разработаны мобильное малогабаритное устройство, диаметром не более 2–10 мм и проектируемой длиной (рис. 2) и способ его использования (рис. 3).



1 — головной сегмент; 2 — задний сегмент; 3 — сегменты; 4 — движители

Рисунок 2. Схема мобильного малогабаритного робота-червяка [9]

Главное требование, предъявляемое к материалу корпуса мобильного робота — обеспечение стойкости к воздействию технологических растворов, истиранию и давлению налегающих кусков породы. Головной сегмент и движители способствуют движению робота

² Патент № 2327950 С1 Российская Федерация, МПК F42D 1/00, С22В 3/04, Е21В 43/28. Способ взрывного рыхления штабеля при кучном выщелачивании руд: № 2006137227/03: заявл. 20.10.2006; опубл. 27.06.2008 / И.А. Яшкин, А.В. Рашкин, П.Б. Авдеев, Ю.М. Овешников; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Читинский государственный университет (ЧитГУ). — EDN ILJGVN.

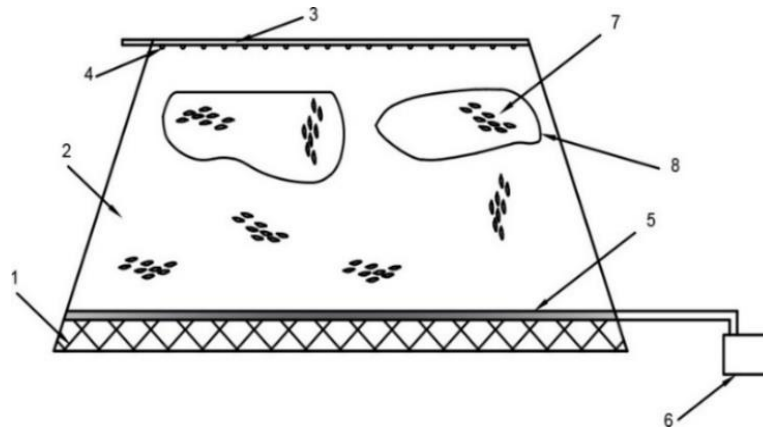
³ Patent No. US 8,021,461 B2. Remedial heap treatment: No.: WO2005/090748, Sep. 29, 2005 / Thomas Joseph Seal, Assignee: Newmont USA Limited, Denver, CO (US).

⁴ Воробьев А.Е. Тчаро Х., Евразийский патент № 040811. Устройство мобильного малогабаритного робота-червяка, 2022, <http://www.eapatis.com/Data/EATXT/eapo2022/PDF/040811.pdf>.

Тчаро Х., Воробьев А.Е., Чекушина Т.В. Евразийский патент № 040144. Способ интенсификации кучного выщелачивания металлов из руд. евразийская патентная организация, 2021, <http://www.eapatis.com/Data/EATXT/eapo2021/PDF/201900567.pdf> (дата обращения: 01.11.2023).

вперед по методу смещения разрушенных пород. Для обеспечения перемещения движители выполнены из материала, обладающего свойством памяти, такого как титан. При подаче электрического сигнала на расположенные в задней части устройства движители (щетинки) они распрямляются и упираются в стенки канала. Это позволяет вытягивать первую половину тела в перед, с последующей фиксацией нового положения движителями из первой половины тела, складыванием движителей задней части и ее подтягиванием. Далее цикл повторяется, а движение робота возможно как вперед, так и назад при средней скорости перемещения 1–2 см/мин. В устройстве робота предусмотрены интегрированные технологии геолокации, позволяющие диспетчеру регистрировать всю необходимую информацию о его передвижениях и его работоспособности в штабеле.

Число роботов выбирают в зависимости от размеров и мощности малопроницаемой области, прочностных свойств и требуемой скорости фильтрации. Так, технология реализуется путем ввода группы роботов (рис. 3) так, чтобы охватить все пространство малопроницаемых образований (слоев). Направление формирующихся поровых каналов в малофильтрационных слоях зависит от содержания металлов, в материале этого слоя, и колеблется от вертикального — 90° (при отсутствии металлов), наклонного — 45° (при среднем содержании металлов) и горизонтального направления (при максимальном содержании металлов).



1 — антифильтрационное основание; 2 — штабель КВ; 3 — система перфорированных трубопроводов, для подачи технологических растворов; 4 — отверстия в трубопроводе для нагнетания выщелачивающих растворов в массив штабеля КВ; 5 — канавки; 6 — зумпф; 7 — группа роботов; 8 — малопроницаемый слой

Рисунок 3. Схема штабеля КВ [10]

К возможным недостаткам роботов относятся высокая стоимость, трудность проникновения в глинистые слои, в зоны с высоким противодавлением, возможность застревания робота в штабеле, потери сигнала с диспетчерским пунктом, сложность обеспечения длительной работы устройства в штабеле.

Заключение

Все подходы (мероприятия) для обеспечения оптимальной фильтрации штабелей КВ можно разделить на предупредительные подходы и подходы, применяющиеся после снижения фильтрации растворов. Эффект от предупредительных подходов (мероприятий) ограничен по времени воздействия, поэтому на практике КВ применяют подходы, направленные на восстановление фильтрационных свойств массива штабеля КВ путем разрушения антифильтрационных слоев с целью создания/восстановления поровых каналов.

При реализации мероприятий по кучному выщелачиванию металлов необходимо выработать инновационные подходы для увеличения фильтрации растворов в штабеле. Данные подходы должны иметь продолжительный эффект на извлечение полезных металлов. В сочетании с предупредительными подходами использование мобильных тел в штабеле для разрушения малофильтрационных слоев и увеличения фильтрации растворов является новым направлением исследования и имеет большие перспективы для повышения эффективности технологии кучного выщелачивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тчаро Х. Моделирование проницаемости штабеля для стабилизации фильтрационных свойств выщелачивающих растворов // Вестник Евразийской науки. — 2020. — Т 12. — № 5. — URL: <https://esj.today/PDF/12NZVN520.pdf> (дата обращения: 16.11.2023).
2. Feng Han, Yi Zheng, Ling Zhang, Rui Xiong, Zhaoping Hu, Yong Tian, Xin Li, Simulating drip irrigation in large-scale and high-resolution ecohydrological models: From emitters to the basin // *Agricultural Water Management*, Volume 289, 2023, 108500, ISSN 0378-3774, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108500>.
3. Robertson S. Development of an integrated heap leach solution flow and mineral leaching model. *Hydrometallurgy*, 169, 79–88. doi: 10.1016/j.hydromet.2016.12.01.
4. Yong Zhao, Xiqi Li, Lin Lei, Ling Chen, Zhiping Luo, Permeability evolution mechanism and the optimum permeability determination of uranium leaching from low-permeability sandstone treated with low-frequency vibration, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Volume 15, Issue 10, 2023, Pages 2597–2610, ISSN 1674-7755, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.12.031>.
5. Комплексное изучение фильтрационных свойств окомкованных песчано-глинистых руд и режимов фильтрации в штабеле кучного выщелачивания / М.А. Маринин, М.А. Карасев, Г.Б. Поспехов [и др.] // *Записки Горного института*. — 2023. — Т. 259. — С. 30–40. — doi 10.31897/PMI.2023.7. — EDN RIRBFN.
6. Wang L., Yin S., Wu A. Ore agglomeration behavior and its key controlling factors in heap leaching of low-grade copper minerals // *Journal of Cleaner Production*, 2020, 123705. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123705 (дата обращения: 14.11.2023).
7. Исследование по использованию окомкования при переработке глинистых золотосодержащих руд / А.Е. Бурдонов, Е.В. Ковалев, К.В. Прохоров, А.В. Рассказова // *Обогащение руд*. — 2020. — № 3. — С. 31–37. — DOI 10.17580/or.2020.03.06. — EDN GGBQCO.
8. Chen K., Yin W., Rao F., Wu J., Zhu Z., Tang Y. Agglomeration of fine-sized copper ore in heap leaching through geopolymerization process. *Minerals Engineering*, 159, 106649. doi: 10.1016/j.mineng.2020.106649.
9. Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Каки Кристоф, Тчаро Х., Воробьев К.А. Интенсификация кучного выщелачивания золота из тонкодисперсных руд с использованием нанотехнологий // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. — 2020. — No 1. — С. 160–174. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-0-160–174.

10. Дробаденко В.П. Обоснование технологии сооружения штабелей кучного выщелачивания методом намыва гидротранспортными установками / В.П. Дробаденко, И.Н. Салахов // Недропользование XXI век. — 2022. — № 2(94). — С. 22–28. — EDN WBICLH.4
11. Van Staden P.J., Petersen J. The effects of simulated stacking phenomena on the percolation leaching of crushed ore, Part 2: Stratification. *Minerals Engineering*, 131, 216–229. doi: 10.1016/j.mineng.2018.11.021.
12. Chun-ming A., Ping-Ping S., Sheng-hua Y., Xun C., Jia-lin Z. Influence of surfactant on the permeability at different positions of a leaching column. *PLoS ONE*, 17.
13. Fernando, W.A.M., Plankoon, I.M.S.K., Rabbani, A., & Chong, M.N. Applicability of pore networks to evaluate the inter-particle flow in heap leaching // *Hydrometallurgy*, 105451. doi: 10.1016/j.hydromet.2020.10545.
14. Yin S., Wang, L., Chen X., Wu A. Effect of ore size and heap porosity on capillary process inside leaching heap // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 26(3), 835–841. doi: 10.1016/s1003-6326(16)64174-2.
15. Maghsoudy S.; Bakhtiari O.; Maghsoudy S. Tortuosity prediction and investigation of fluid flow behavior using pore flow approach in heap leaching // *Hydrometallurgy* 2022, 211, 105868, <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2022.105868>.
16. Serdar Yilmaz и др. The effect of nut shell addition on the permeability of a crushed gold ore // *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 2018; 54(2): 467–475. DOI: <https://doi.org/10.5277/ppmp1826> (дата обращения: 10.11.2023).
17. Электротомография рудного штабеля при кучном выщелачивании золота / В.В. Оленченко, П.С. Осипова, А.С. Калганов, А.В. Чекрыжов // *Инженерная и рудная геофизика 2021: Материалы 17-й научно-практической конференции и выставки, Геленджик, 26–30 апреля 2021 года.* — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ЕАГЕ ГЕОМОДЕЛЬ", 2021. — С. 12. — DOI 10.3997/2214-4609.202152019. — EDN ZHYPKR.

Tcharo Honore

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
E-mail: honoretcharo@yahoo.com

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=989497

ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Honore_Tcharo

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57211300325>

Tcharo Yana Alekseevna

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
E-mail: yana_gorbyleva@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4021-3046>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1037437

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Yana-Gorbyleva>

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAG-3092-2019>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57219775881>

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=qP_9S3EAAAJ

Mirsamiev Narzullo Abdugaforovich

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
E-mail: narzullomirsamiev@mail.ru

New approaches to improving heap leach stockpiles filtration properties

Abstract. The analysis of accumulated world experience of the application of heap leaching technology shows that there are still a number of problems, the resolution of which will allow to achieve high efficiency of metal recovery (more than 40–60 %). An important issue in heap leaching is the deterioration of the stockpile filtration properties over time due to the formation of low-permeability layers or colmatation zones inside the stockpile. The filtration capacity of the heap leach stockpile array depends on the influence of such factors as ore bed grain size distribution, stockpile placement methods, etc.

This paper considers the methods of ensuring filtration of leaching solutions or its recovery, which have a certain impact on the heap leach stockpile geotechnological parameters.

A new classification of approaches to solution filtration adjustment has been proposed, which will expand the possibilities of heap leaching technology application, as well as increase its efficiency compared to the conventional method. These approaches were divided into two categories: preventive and approaches applied after the decrease of filtration, which were reviewed in detail with the study of their advantages and disadvantages.

The main focus was given to the methods of low-filtration layer destruction, in particular to the application of a new method realized by using mobile small-sized robot worms with diameters from 2 to 10 mm. Efforts made to address the problem of continuous permeability reduction of heap leach stockpiles are still not yielding the expected results. The need for further research to develop new and more effective methods to address the reduction of filtration properties of the ore stock is highlighted.

Keywords: filtration; heap leach stockpile; technological solutions; permeability; robot worm; low-infiltration layers; pelletization