



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО "ИРНИТУ»


_____ М.В. Корняков

« 26 » _____ 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования "Иркутский национальный исследовательский
технический университет"**

на диссертационную работу **Тчаро Хоноре**

на тему: «Разработка перспективных способов интенсификации кучного
выщелачивания золота»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 25.00.13. – «Обогащение полезных ископаемых»

Актуальность темы диссертационной работы

Кучное выщелачивание является наиболее доступной и несложной (с точки зрения аппаратного оформления) технологией переработки руд, благодаря чему эта технология нашла широкое применение в мире, особенно в золотодобывающей отрасли.

Технология кучного выщелачивания (КВ) позволяет вовлекать в промышленное производство бедные руды с низким содержанием полезных компонентов, рентабельно эксплуатировать небольшие по запасам и размерам рудные месторождения. Основными факторами, определяющими эффективность технологии КВ золотосодержащих руд, являются технологические свойства и качество минерального сырья; методы

рудоподготовки и формирования штабеля, а также режимы и параметры орошения.

При любом методе орошения под влиянием различных факторов происходит потеря определенного количества технологических растворов и снижение их качества, в том числе за счет влияния природных факторов (действия солнечных радиации, ветровых потоков, выпадения осадков).

Образование при орошении штабеля технологическими растворами незатронутых областей, возникновение малопроницаемых слоёв внутри штабеля, низкое извлечение нанозолота из технологических растворов приводят к необходимости научного обоснования и разработке способов интенсификации кучного выщелачивания золота.

Для решения указанных проблем предлагаются разработанные методы, обеспечивающие интенсификацию кучного выщелачивания золота путем снижения влияния негативных факторов на поверхность штабеля, разрушения малопроницаемых слоев, выявления механизма потерь наночастиц золота и их извлечения.

Структура и содержание работы

Представленная на рассмотрение диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, изложена на 142 страницах, содержит 60 рисунков, 22 таблицы и список литературы из 140 наименований.

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ основных факторов, влияющих на эффективность кучного выщелачивания, а именно: факторов, определяющих распределение, испарение и разбавление технологических растворов; выполнен анализ причин образования малопроницаемых слоев в штабеле КВ, а также причин потерь нанозолота при выщелачивании золотосодержащих руд. При выполнении литературного обзора и анализа состояния проблемы автор

использовал публикации российский и зарубежных специалистов в данной области. На основании выполненного обзора автором сделаны выводы, подтверждающие актуальность диссертационной работы.

Во второй главе автором представлен обзор используемых в диссертационной работе методов исследования, в том числе методы исследования предотвращения испарения с применением кремнийорганических соединений, методы лабораторного исследования фильтрационных характеристик штабеля КВ. Описаны методы математического расчета фильтрации технологических растворов в штабеле КВ, расчета гидравлической проницаемости при создании вертикальных каналов и наклонных каналов. Приведены результаты компьютерного моделирования движения кислорода в штабеле кучного выщелачивания и компьютерного моделирования процессов фильтрации, математического моделирования взаимодействия между наночастицами золота. В главе описаны объекты и предмет исследования.

В третьей главе представлены результаты исследований по интенсификации технологии кучного выщелачивания золотосодержащих руд, описание разработанной автором технологии предотвращения испарения технологических растворов при кучном выщелачивании металлов на основе применения нанопленочного материала. Для создания изолирующей плёнки предложено использование модифицированного силикона «МС-1». Предлагаемое геомембранное покрытие уменьшает потери и испарение технологических растворов, а также способствует снижению негативных воздействий природных факторов на поверхность штабеля. Силиконовая пленка характеризуется повышенной термостойкостью, пониженной водопроницаемостью, срок использования составляет 14-16 месяцев.

Представлены результаты разработки малогабаритного роботизированного устройства и технологии повышения фильтрации технологических растворов в штабелях кучного выщелачивания с применением разработанных роботов. Мобильное малогабаритное роботизированное

устройство позволит создать оптимальные гидродинамические характеристики штабеля с увеличением эффективности фильтрации растворов на 15 % и более.

Приведены результаты математического и компьютерного моделирования применения роботизированных устройств для разрушения малопроницаемых слоев штабеля. Результаты компьютерного моделирования в системе SOffice исследований до и после восстановления проницаемости штабеля КВ показали, что в малопроницаемых слоях гидравлическая проводимость технологических растворов повышается с первоначальных значений $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с} / \text{м}^2$ до $2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с} / \text{м}^2$, во всем штабеле до $2,49 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с} / \text{м}^2$.

Представлены результаты экспериментального исследования и математического моделирования процессов фильтрации растворов. Построенная математическая модель позволила рассчитать время, необходимое для создания одного канала длиной 1 м при скорости прохождения 1-2 см/мин, которое составит от 50 до 100 мин. Вычисленные коэффициенты фильтрации при создании пористых каналов удовлетворительно согласуются с общепринятыми значениями фильтрации для водопроницаемых массивов. Автором установлено, что проницаемость штабеля КВ при наличии каналов, образованных роботами, увеличивается более чем в 100 раз.

Приведено описание изучения механизма образования и потерь «островков» и пленок плавучего золота, а также результаты математического моделирования потенциала взаимодействия между наночастицами и разработанная на основании исследований технология выщелачивания «плавучих» нанозолотин из технологических растворов.

Итоги, изложенные в конце работы, полностью отражают полученные результаты исследований.

По теме диссертации опубликовано 13 работ, 3 из которых опубликованы в журналах, включенных в перечень рекомендованных ВАК РФ. В опубликованных работах отражены все основные положения диссертации.

Новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Новизна выполненных исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций заключается в том, что автором:

- разработана технология экранирования с использованием нанопокрyтия на основе кремнийорганических соединений. Применение силиконовой нанопленки позволит снизить негативные последствия испарения и/или разбавления технологических растворов и сохранить оптимальное значение концентрации цианидов в технологических растворах в заданном диапазоне 0,6-0,8 г/дм³, рН – 9-11 и Eh в пределах –610 мВ.

- разработано роботизированное устройство и технология его применения в массиве штабеля КВ. Роботизированное устройство способствует разрушению малопроницаемых слоев массива штабеля КВ, предотвращает их образование, что в конечном итоге обеспечивает более равномерное смачивание штабеля технологическими растворами и увеличивает эффективность фильтрации растворов.

- предложено применение ПАВ для снижения поверхностного натяжения технологических растворов (0,040 Н/м и менее), что позволит уменьшить плавучесть золота размером 5-120 нм и увеличить его извлечение.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертационная работа имеет научно-практическое значение. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, подтверждается использованием системно-структурного анализа процессов, определяющих испарение, разбавление, просачивание технологических растворов в штабелях КВ; приборно-аналитических и экспериментальных методов исследований в лабораторных и натуральных условиях; методов математического и компьютерного моделирования.

Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов

К наиболее значимым научным результатам в области обогащения полезных ископаемых следует отнести:

1. установленные корреляции между значениями потерь технологических растворов от испарения в зависимости от величины солнечной радиации, температуры воздуха, относительной влажности атмосферы, скорости ветра с учетом применяемой системы орошения и наличия/отсутствия изоляции поверхности штабеля КВ.

2. выявление механизма образования плавучих «островков» и пленок из наночастиц золота – присутствие отдельных наночастиц в жидкой фазе объясняется тем, что агрегация наночастиц золота происходит при расстоянии между ними менее 7 нм, выше данного расстояние нет взаимодействия между частицами.

Практическое значение состоит в:

- разработке технологии покрытия поверхности штабеля КВ силиконовой пленкой (Евразийский патент № 032669),

- разработке нового роботизированного устройства (положительное решение о выдаче евразийского патента на изобретение № 201900568).

- разработке математической модели, позволяющей установить зависимость проницаемости от объема исследуемого слоя, объема пор в выщелачиваемых рудах, числа, диаметра, высоты и угла наклона каналов, а также начальной пористости слоя.

- разработке способа снижения потерь нанозолота с технологическими растворами путем обработки продуктивных растворов веществами, снижающими их поверхностное натяжение до 0,04 Н/м и менее. Применение ПАВ приводит к повышению извлечения «островков» и пленок плавучего нанозолота.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты выполненной Тчаро Хоноре работы могут быть использованы для адаптации и применения разработанных способов интенсификации кучного выщелачивания для других руд и минералов с целью повышения эффективности процесса выщелачивания.

Замечания и рекомендации

1. Представляется, что относительно общего объема работы (142 страницы) часть, посвященная анализу проблемы и описанию методов исследования, необоснованно велика.

2. Представленные положения научной новизны по большей степени относятся к практической значимости и не отражают новизну выполненных исследований.

3. Для достижения цели автор исследует эффективность применения покрытий на основе силикона на объектах кучного выщелачивания для снижения испарения, но не обосновывает саму проблему. Из работы не понятно, на основании каких требований производился выбор материала. Не указаны технико-технологические свойства данного материала. Не представлено экономическое обоснование и эффективность его использования по сравнению с другими, в том числе полимерными материалами и поверхностно-активными веществами.

4. Необходимо отметить, что в работе не представлены результаты исследований по влиянию используемого силикона на последующую эффективность извлечения золота. Представляется вероятным, что использование предлагаемого материала с неизвестными свойствами может способствовать созданию поверхностного слоя на поверхности минерала, препятствовать процессу растворения и не позволит повысить эффективность извлечения ценного компонента.

5. Автор предлагает оригинальное решение по использованию роботизированных систем в теле штабеля. В связи с этим появляется большое количество вопросов по его техническим характеристикам, конструкции, экономической эффективности. Основным вопросом, требующим внимания в данном случае, является его использование в агрессивных средах и устойчивость материала, из которого он изготовлен, к коррозионному воздействию.

6. Из работы не совсем понятно был ли создан автором опытный образец малогабаритного робота, исследовался ли он в лабораторных и промышленных условиях?

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки рассматриваемой диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Тчаро Хоноре на тему «Разработка перспективных способов интенсификации кучного выщелачивания золота», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует паспорту научной специальности 25.00.13. – «Обогащение полезных ископаемых». Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи интенсификации кучного выщелачивания золота, имеющей важное народно-хозяйственное значение для развития горно-перерабатывающей отрасли. Автореферат в достаточном объеме раскрывает содержание диссертационной работы.

Диссертация обладает научной новизной и практической значимостью и отвечает требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук в соответствии с п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842. Автор диссертационной работы, Тчаро Хоноре, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук

по специальности 25.00.13. – «Обогащение полезных ископаемых» за разработанные научно-технические решения по интенсификации кучного выщелачивания золота.

Диссертация, автореферат и отзыв были рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды имени С.Б. Леонова» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», протокол № 10 от «20»мая 2021г.

Заведующий кафедрой
«Обогащение полезных ископаемых
и охрана окружающей среды
имени С.Б. Леонова», д.т.н., профессор



Федотов
Константин
Вадимович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Иркутский национальный исследовательский технический университет"

Адрес:

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,

тел 8(3952) 405-100, 405-009,

e-mail: info@istu.edu

Адрес официального сайта в сети интернет <https://www.istu.edu/>

СВЕДЕНИЯ

о ведущей организации по диссертации Тчаро Хоноре на тему: «Разработка перспективных способов интенсификации кучного выщелачивания золота», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых».

<p style="text-align: center;">Полное и сокращенное название организации</p>	<p style="text-align: center;">Юридический адрес (индекс, город, улица, дом), телефон, адрес эл. почты, адрес официального сайта в сети «Интернет»</p>	<p style="text-align: center;">Основные работы работников ведущей организации по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых научных журналах за последние 5 лет</p>
1	2	3
<p style="text-align: center;">Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»)</p>	<p style="text-align: center;">664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83; Тел.: 8 (3952) 405-100, Email: info@istu.edu, Официальный сайт: http://www.istu.edu</p>	<p>1. Ёлшин В.В., Голодков Ю.Э. Исследование двойного электрического слоя при сорбции золота из тиокарбамидных растворов на активированные угли // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020, Том 24 № 6 С. 1337-1346. 10.21285/1814-3520-2020-6-1337-1346.</p> <p>2. "Епифоров А.В., Козлов А.А., Немчинова Н.В., Селезнев А.Н. Угольно-сорбционное извлечение золота из сернокислых растворов атмосферного выщелачивания золотомедного флотоконцентрата, содержащих тиоцианат-ион // Цветные металлы. 2020. № 1. С. 38-44 "</p> <p>3. 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.</p> <p>4. Федотов П.К., Сенченко А.Е., Федотов К.В., Бурдонов А.Е. Переработка хвостов обогащения золотосодержащей руды гидрометаллургическими методами // Известия Тульского Государственного университета. Науки о земле. Выпуск 4., 2020, №4, с. 284-295</p> <p>5. Федотов П.К., Сенченко А.Е., Федотов К.В., Бурдонов А.Е. Исследование обогатимости убогосульфидных руд // Обогащение руд, 2020, 2020(1), с. 15-21</p> <p>6. Миронов А. П., Ёлшин В. В., Овсяков А. Е. Исследование механизма высокотемпературной десорбции золота из активных углей с использованием математической модели процесса. Цветные металлы. №6, 2019, стр. 22-27.</p> <p>7. Жмурова В. В., Немчинова Н. В., Васильев А. А. Гидрохимическая очистка от меди и свинца золотосодержащих катодных осадков // Цветные металлы. 2019. №8. С. 64-74</p> <p>8. Федотов П. К., Сенченко А. Е., Федотов К. В., Бурдонов А. Е. Анализ технологических исследований золотосодержащих руд месторождения Чукотки // Обогащение руд. - 2018(2), с. 23-29</p> <p>9. Zelinskaya E.V., Starostina V.U. Environmental problems in the auriferous ores mining and processing // IMPC 2018 - 29th International Mineral Processing Congress 29. 2019 – P. 3012-3017</p>

		<p>10. Федотов П.К., Сенченко А.Е., Федотов К.В., Бурдонов А.Е. Анализ технологических исследований золотосодержащих руд месторождения Чукотки // Обогащение руд. 2018. № 2 (374). С. 23-29.</p> <p>11. Федотов П.К., Сенченко А.Е., Федотов К.В., Бурдонов А.Е. Исследования обогатимости упорных первичных и смешанных руд золоторудного месторождения Красноярского края // Обогащение руд. 2017. № 3 (369). С. 21-26</p>
--	--	--