

## **АННОТАЦИЯ**

диссертации на соискание учёной степени доктора философии PhD  
по специальности 6D070700 – «Горное дело»

**КАУМЕТОВА ДИНАРА СУЮНДИКОВНА**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ПЕРВИЧНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВАСИЛЬКОВСКОЕ МЕТОДОМ УПРАВЛЯЕМЫХ ПОТОКОВ ПРИ КУЧНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ**

**Актуальность исследования.** Использование ресурсного потенциала техногенных образований отработанных месторождений золота, хвостохранилищ и отвалов может значительно увеличить минерально-сырьевую базу золотодобывающих предприятий и пополнит резерв золотосодержащего сырья. Одним из методов экономически и технологически эффективной отработки подобного обедненного сырья является кучное выщелачивание. Так как основными недостатками КВ являются низкий коэффициент извлечения и длительность процесса выщелачивания, оптимизация технологических параметров и конструкционные решения позволят до извлечь целевой ценный компонент, повышая рентабельность производства в целом. Одним из возможных решений этого вопроса является разработка моделей управления процесса кучного выщелачивания, что позволит выполнять временной прогноз процессов с соответствующей его корректировкой, позволит рационально перерабатывать сырье и уменьшением загрязнения окружающей среды.

**Цель исследования** заключается в повышении эффективности кучного выщелачивания с применением методов управления материальными потоками в условиях различной плотности минерального сырья.

**Объект исследования** является золотосодержащая руда месторождения Васильковское.

#### **Задачи исследования**

- анализ горно-геологических условий отвалов месторождения Васильковское и технологии кучного выщелачивания;
- разработка методики проведения лабораторных исследований.
- исследования влияния плотности минерального сырья на показатели кучного выщелачивания;
- проведение лабораторных работ по установлению влияния скорости подачи раствора и диспергирования на извлечение золота в продуктивный раствор;
- обработка результатов лабораторных работ;
- разработка рекомендации.

#### **Методы исследования**

В диссертации были использованы как традиционные и новые научные методы исследования. Традиционные методы: анализ научно-патентной литературы, вывод различных математических формул, планирование эксперимента и обработка экспериментальных данных.

Подготовка и отбор проб проведен согласно ГОСТ. Химический анализ всех исходных золотосодержащих материалов и полученных образцов металла были проведены в сертифицированной лаборатории испытательного центра, аккредитованной в системе аккредитации РК на соответствие требованиям СТ РК ИСО/МЭК 17025 – 2007, обеспеченный современными сертифицированными методиками химического и физического анализов (ГОСТы) и соответствующими стандартизованными приборами, аттестованным испытательным оборудованием и средствами измерений.

Изучение структуры и фазового состава, золотосодержащих материалов, проводилось в современных электронных аппаратах.

С целью проведения лабораторных исследований и принципиальной возможности перколяционного кучного выщелачивания руды с определением параметров и показателей процесса были сконструированы перколяторы, которые представляют собой пластиковый цилиндр диаметром 150 мм и высотой 3000 мм, с коническим перфорированным днищем, со слоем легко проницаемой для раствора. Руду помещали в пластиковую колонку, располагая ее в следующем порядке: наиболее крупные куски находились в нижней части колонны, в верхней части размещали более мелкие частицы руды. В начале перколяционного выщелачивания проводили влагонасыщение руды путем замачивания обычной водой в течение 24 часов для повышения эффективности процесса. Серии опытов и отработка технологии методом управляемых потоков при кучном выщелачивании и установления технологических режимов выполнена в исследовательской лаборатории ЗИФ.

К числу основных методов исследований и анализов, применяемых при выполнении диссертационной работы, относятся:

- рентгеновские экспериментальные данные получены на аппарате BRUKER D8 ADVANCE на медном излучении при ускоряющем напряжении 36 кВ, токе 25 мА;

- рентгенофлуоресцентный анализ осуществляли на спектрометре с волновой дисперсией Venus 200 PAnalytical B.V. (Голландия);

- химический анализ образцов выполнен на оптическом эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Optima 200 DV (США, Perkin Elmer);

- картирование элементного и фазового состава образцов проводили на электронно-зондовом микроанализаторе JXA – 8230 фирмы JEOL (Япония);

- энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ проводили на приборе ORBIS MICRO-XRF компании EDAX (Япония);

- лазерный дифракционный анализатор размера частиц Mastersizer 3000 (Россия);

- оптический микроскоп ZEISS Scope. A1 (Россия);

– расчет математического моделирования в процессах кучного выщелачивания возможных реакций взаимодействия основных компонентов золотосодержащей руды с цианидным раствором, выполненный с применением программы термодинамических расчетов HSC Chemistry 8.0 компании Outokumpu Technology Engineering Research.

Также были использованы следующие лабораторные и укрупненно-лабораторные оборудования: перколяторы из полипропилена для кучного выщелачивания; сушильный шкаф для сушки, непрерывного нагрева, прокаливания сыпучих материалов до 350 °С; лабораторная верхнеприводная мешалка ES-8300, рН – метр CONSORT-C931, для измерения рН и ОБП.

При изучении и анализа фазовых составов и структуры исходных материалов часть работы были проведены во время стажировки в Кыргызский государственный университет геологии, горного дела и освоения природных ресурсов имени академика У.А. Асаналиева (г. Бишкек, Киргизия) на рентгеновском дифрактометре XRD 7000C (Shimadza, Япония). В процессе стажировки специализация с методами ведения экономически эффективных технологий открытого способа разработки месторождений твёрдых полезных ископаемых; в том числе с методами геолого-промышленной оценки месторождений полезных ископаемых; компьютерными технологиями для моделирования и проектирования буровзрывных работ.

Все исследования проведены в аккредитованных лабораториях с использованием различных приборов и средств измерений, прошедших государственную метрологическую поверку.

### **Основные научные положения выносимые на защиту**

- использование воды при кучном выщелачивании увеличивает добычу золота на 24%;
- повышение концентрации цианида до 1-1,2 г/л приводит к максимальному извлечению золота в растворе;
- применение методов управляемых потоков позволяет достичь извлечения золота до 60%.

### **Описание основных результатов исследования.**

- изучен состав золотосодержащих руд с использованием физико-химических методов исследований.
- изучена оценка запасов и содержания золота в рудных штабелях участка кучного выщелачивания.
- изучено влияние основных параметров процесса цианидного выщелачивания золотосодержащих руд, таких как соотношение Т:Ж, продолжительность, на степень извлечения золота.
- изучено построение математической модели перколяционных тестов с дуближом и рассчитаны оптимальные режимы выщелачивания золота.

- проведены укрупненно-лабораторные испытания по разработанной технологии по отработке первичных золотосодержащих руд методом управляемых потоков при кучном выщелачивании.

#### **Обоснование новизны и важности полученных результатов.**

Новизна темы заключается в разработке технологии отработки первичных золотосодержащих руд месторождения Васильковское методом управляемых потоков при кучном выщелачивании. В комплексе мероприятий, направленных на управление компонентами процесса и повышение эффективности кучного выщелачивания путем моделирования параметров разделения и подачи рабочего раствора, созданием потоков с разными скоростями движения в зависимости от плотности сырья.

Полученные основные результаты:

- впервые применен процесс кучного выщелачивания методом управляемых потоков при отработке первичных золотосодержащих руд;
- оценка запасов и содержания золота в рудных штабелях участка кучного выщелачивания
- выявлены закономерности применения математических моделей для определения эффективных параметров режима кучного выщелачивания;
- результаты укрупненных испытаний технологии кучного выщелачивания с методом регулируемых потоков основанных на математических моделях.

В совокупности это позволит разработать технологию отработки первичных золотосодержащих руд, а также увеличение объема добычи золотосодержащих месторождений ранее используемых только в народно-хозяйственном секторе Республики Казахстан.

#### **Описание вклада докторанта в подготовку каждой публикации**

Личный вклад автора заключается в выполнении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, включая разработку теоретических моделей, методик экспериментальных исследований, проведение исследований, анализ и оформление результатов в виде публикаций и научных докладов.

По теме диссертационной работы опубликованы 5 научных работ, в том числе: 3 (три) статьи в рецензируемых научных изданиях по научному направлению темы диссертации, индексируемых в Science Citation Index Expanded базы Web of Science (Clarivate Analytics) и по CiteScore в базе Scopus (Elsevier), 1 (одна) статья в отечественном издании, рекомендованном КОКСОН, и 4 (четыре) статьи в сборниках Международных и Республиканских научно-практических конференциях.

Сведения об основных публикациях, индексируемых в Science Citation Index Expanded базы данных Web of Science (Clarivate Analytics), в рецензируемом научном издании, имеющем процентиль по CiteScore в базе Scopus (Elsevier) по теме диссертации:

1. Dinara Kaumetova, Ibatolla Arystan, Khasen Absalyamov, Karlygash Zhusupova, Didar Zhaniyev. Reprocessing of ore heap leach tailings at the Vasilkovsky GOK, Kazakhstan// Mining mineral deposits. 2022. 16(1).- P.77-83. ISSN 2415-3443, 63 перцентиль, Q2.

2. Kaumetova, D.S., Koizhanova, A.K., Toktar, G., Magomedov, D.R., Abdylidaev, N.N. Study of the finely-dispersed gold recovery parameters// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences this link is disabled. 2022. 2022(1). -P. 69–75. ISSN: 2224-5278, E-ISSN: 2518-170X. 47 перцентиль, Q3.

3. Kaumetova D.S., Arystan I.D., Absalyamov H.K., Zhusupova K.K., Zhukenova A.D., Abisheva G.S. Research into heap leaching technology of gold-bearing ores at the vasilkovsky gold ore deposit (Kazakhstan)// Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2022.2. - P. 017 – 022. ISSN 2071-2227, E-ISSN 2223-2362, 50 перцентиль, Q2.

В изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК:

1. Kaumetova D.S., Koizhanova A.K., Absalyamov Kh.K., Magomedov D.R., Banks C.E. Studies of the rate of gold sorption by the am-2b anionite from cyanidealkaline solutions// Complex Use of Mineral Resources. 2022.320(1).

Сведение о докладах, доложенных и обсужденных по результатам диссертационной работы на Международных и Республиканских научно-практических конференциях:

1. Арыстан И.Д., Абсалямв Х.К., Кауметова Д.С., Муканова А.К. Выбор и обоснование исходных данных для обеспечения полноты извлечения первичных золотосодержащих руд//Международная научно-практическая конференция «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях индустрии 4.0», Алматы 14-15 марта 2019. -С.299-303. ISBN 978-601-323-168-6.

2. Кауметова Д.С., Карелин В.А., Абсалямв Х.К. Современное состояние биоочистки отходов золотоизвлекающих производств//Материалы международной научно-практической конференции «Наука и бизнес: инновации в производство». Кокшетау 2022. С.61-65. ISBN 978-601-261-519-7 2022.

3. Кауметова Д.С., Соложенкин П.М., Арыстан И.Д., Муканова А.К. Повышение извлечения свободного тонкодисперсного золота// Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы развития научной конкуренции в области высоких технологий». г. Таганрог, РФ 10 октября 2022.

4. Магомедов Д.Р., Койжанова А.К., Кауметова Д.С., Бакраева А.Н. Исследование процессов электрофлотационного обогащения малосульфидного и упорного золотосодержащего сырья //V Международный Симпозиум «Фундаментальные вопросы геологии, добычи, разделения редких, редкоземельных, благородных металлов и создания современных материалов на их основе». Алматы.2022.

