

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

Булгучева Дана Мухаметовна

«Биогеотехнология в подземном выщелачивании урановых руд»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B05101-Химическая и биохимическая инженерия

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова
Кафедра Химической и биохимической инженерии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
авдующий кафедрой
«Химическая и
биохимическая инженерия»
Доктор PhD
Амитова
» 06 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Биогеотехнология в подземном выщелачивании урановых руд»

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Выполнил

Булгучева

Булгучева Д. М.

Рецензент

Кыркы Жане
Департамент
Атанова О. В.
» 06 2024 г.

Научный руководитель

Кадр. тех. наук, ассоц. профессор
Турысбекова Г. С.
» 06 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова
Кафедра Химическая и биохимическая инженерия

6805101 – Химическая и биохимическая инженерия



ЗАДАНИЕ на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Булгучева Дана Мухаметовна

Тема: Биогеотехнология в подземном выщелачивании урановых руд

Утверждена приказом проректора по академической работе университета № 548

П/Ө от «04» декабря 2023г.

Срок сдачи законченной работы «13 июля» 2024г.

Исходные данные к дипломной работе: *данные по приготовлению питательной среды 9Ж*

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Литературный обзор
- б) Экспериментальная часть
- в) Экономическая часть
- г) Экологическая часть

Перечень графического материала: *представлены*

Рекомендуемая основная литература: *25 источников*

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Литературный обзор	15.04.24г.	Выполнено
Экспериментальная часть	25.05.24г.	Выполнено
Экономическая часть	20.04.24г.	Выполнено
Экологическая часть	20.04.24г.	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Раздел литературного обзора	Бектай Е. К., Кандидат технических наук, профессор-исследователь	13.06.24г.	
Экономический раздел	Бектай Е. К., Кандидат технических наук, профессор-исследователь	13.06.24г.	
Экологический раздел	Бектай Е. К., Кандидат технических наук, профессор-исследователь	13.06.24г.	
Нормоконтролер	Бектай Е. К., Кандидат технических наук, профессор-исследователь	13.06.24г.	

Научный руководитель



Турысбекова Г. С.

Задание принял к исполнению

Булгучева Д. М.

Дата

« ___ » _____ 20__ г

АННОТАЦИЯ

Использование подземного скважинного выщелачивания урана позволило Казахстану выйти на первое место в мире по добыче этого металла. Процесс работы на одном блоке занимает свыше 5 лет. В этой связи задача интенсификации этого процесса и снижения себестоимости добычи является актуальной. Подземное скважинное выщелачивание урана с использованием биотехнологических методов одно из перспективных направлений для решения данной задачи. Этот метод рассматривается как перспективная альтернатива из-за его экономических и экологических преимуществ, особенно для извлечения урана из низкосортных руд и хвостохранилищ, которые также содержат уран и другие ценные редкоземельные элементы. Технология бактериального выщелачивания позволяет эффективно извлекать уран с помощью микроорганизмов для преобразования нерастворимого урана в растворимые формы. Этот метод позволяет извлекать полезные ископаемые не только из низкосортных руд, но и из вторичных источников, таких как хвостохранилища, которые приобретают все большее значение по мере истощения первичных ресурсов.

АНДАТПА

Уранды жерасты ұңғымалық сілтісіздендіруді пайдалану Қазақстанға осы металды өндіру бойынша әлемде бірінші орынға шығуға мүмкіндік берді. Бір блокта жұмыс істеу процесі 5 жылдан асады. Осыған байланысты бұл процесті күшейту және өндіріс құнын төмендету міндеті өзекті болып табылады. Биотехнологиялық әдістерді қолдана отырып, уранды жерасты ұңғымалық сілтісіздендіру - бұл мәселені шешудің перспективалы бағыттарының бірі. Бұл әдіс экономикалық және экологиялық артықшылықтарына байланысты, әсіресе уран мен басқа да құнды сирек жер элементтері бар төмен сортты кендер мен қалдық қоймалардан уран алу үшін перспективалы балама ретінде қарастырылады. Бактериялық шаймалау технологиясы ерімейтін уранды еритін формаларға айналдыру үшін микроорганизмдердің көмегімен уранды тиімді алуға мүмкіндік береді. Бұл әдіс пайдалы қазбаларды тек төмен сортты кендерден ғана емес, сонымен қатар бастапқы ресурстар сарқылған сайын маңыздырақ болатын қалдық қоймалары сияқты қайталама көздерден алуға мүмкіндік береді.

ABSTRACT

The use of underground borehole leaching of uranium has allowed Kazakhstan to take the first place in the world in the extraction of this metal. The process of working on one block takes over 5 years. In this regard, the task of intensifying this process and reducing the cost of production is urgent. Underground borehole leaching of uranium using biotechnological methods is one of the promising directions for solving this problem. This method is considered as a promising alternative due to its economic and environmental advantages, especially for the extraction of uranium from low-grade ores and tailings dumps, which also contain uranium and other valuable rare earth elements. Bacterial leaching technology makes it possible to efficiently extract uranium using microorganisms to convert insoluble uranium into soluble forms. This method makes it possible to extract minerals not only from low-grade ores, but also from secondary sources such as tailings ponds, which are becoming increasingly important as primary resources are depleted.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	1
1	Литературный обзор	2
1.1	Уран и урановая руда	2
1.2	Месторождения урана в Казахстане	3
1.3	Месторождение Семизбай	6
1.3.1	Выщелачивание урана из руды месторождения Семизбай	8
1.4	Методика исследования выщелачивания урановых руд	11
1.5	<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> и <i>Acidithiobacillus thiooxidans</i>	15
1.5.1	Роль микроорганизмов в выщелачивании	16
1.6	Культивирование бактерий	17
1.6.1	Состав среды 9Ж	18
1.6.2	Адаптация, активизация и оптимизация бактерий при выщелачивании	20
1.7	Механизм микробного выщелачивания	21
1.8	Биовыщелачивание гетеротрофами	22
1.9	Оптимальные параметры при окислении железа	23
2	Экспериментальная часть	24
2.1	Технологическая схема	24
2.1.1	Кинетика процесса выщелачивания урановых руд	25
2.2	Осаждение урана и получение кека	27
2.3	Результаты исследований	30
3	Экономическая часть	39
4	Экологическая часть	41
4.1	Оценка влияния на окружающую среду	41
4.2	Охрана окружающей среды и техника безопасности процесса	44
	Заключение	45
	Сокращение и термины	46
	Список использованной литературы	47

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования является месторождение Семизбай расположенное в Северо-Казахстанской и Акмолинской области.

Процесс добычи урана способом ПСВ имеет свои характерные особенности, преимущества и недостатки, которые мы рассмотрим ниже.

Для повышения извлечения урана из руд, содержащих минералы урана (IV), необходимо применение окислителей для перевода труднорастворимой четырёхвалентной формы урана в шестивалентную. Также была предложена технологическая схема подачи пероксида водорода.

Цели: Отработка технологии биовыщелачивания урановых руд, определение оптимальных параметров выращивания железобактерий. Для исследования были взяты штаммы из группы тионовых бактерий.

Идея работы заключается в исследовании технологии ПСВ, описании преимуществ и недостатков, а также исследование микроорганизмов и их влияние на выщелачивание.

Задачами исследования являются:

- Изучение геологических особенностей и анализ технологии ПСВ урана на месторождении Семизбай
- Анализ литературных источников и научно-исследовательских работ про ПСВ урана
- Лабораторные исследования: приготовление питательной среды 9К – Обработка результатов.

Предметом исследования является месторождение урана «Семизбай».

Обоснованность и достоверность научных положений, рекомендаций и выводов обеспечена сбором значительного количества статистических данных, описывающие оптимальные процессы для добычи урана способом ПСВ. А также работа в виде лабораторных исследований, изучении статьей.

Личный вклад: приготовление среды 9К в объеме 10 литров. Внесение микроорганизмов (а точнее бактерий *A. ferrooxidans*) и последующее культивирование.

1 Литературный обзор

В литературном обзоре представлена информация по урану и урановой руде, а также по месторождению «Семизбай». Литературными источниками служили как книги, так и статьи отечественных и зарубежных авторов. Некоторая информация была частично скопирована в дипломную работу в своем исходном виде, так как информация не могла быть переделана, так как могла бы потерять свой смысл. В этом разделе рассмотрены основные понятия: что такое уран и какая бывает урановая руда, какие месторождения в Казахстане являются основными по добыче урана, как происходит метод подземного выщелачивания и какие микроорганизмы для этого используют.

1.1 Уран и урановая руда

Уран – химический элемент, отличающийся своей редкостью и высокой ценностью. В земной коре он встречается в незначительных количествах, обычно в виде урановой руды. Урановая руда – это минеральное образование, содержащее соединения урана в относительно высокой концентрации. Добыча и переработка урановой руды занимает одно из основных мест в ядерной промышленности и биогeотехнологии. Уран используется в различных сферах, включая выработку электроэнергии на атомных электростанциях, производство ядерного оружия, медицинскую диагностику и терапию, промышленную радиографию, а также научные исследования.

Основные типы урановых руд:

1. Настуран или уранит – наиболее распространенная урановая руда. Зачастую распространена как смоляная обманка. Это черный минерал с металлическим блеском, состоящий из диоксида урана (UO_2), а также содержащий в себе торий, свинец, кислород. Встречается в различных геологических условиях, включая гидротермальные месторождения и песчаниковые залежи. Химическая формула: От UO_2 до U_3O_8 .
2. Карнотит – еще один распространенный тип урановой руды. Это минерал желтого или зеленого цвета, содержащий ванадат уранила и калия [$(K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O)$]. Он встречается как в осадочных, так и в гидротермальных месторождениях. Представляет собой вторичный минерал урановой руды.
3. Коффинит – это минерал черного цвета, который состоит из диоксида урана и силикатов. Встречается в песчаниках и других осадочных породах. Коффинит встречается в различных кристаллических формах. Химическая формула: $U(SiO_4)_{1-x}(OH)_4x$.

4. Браннерит – минерал черного цвета, содержащий оксиды урана, титана и кальция. Обычно минерал встречается черного цвета. Встречается в пегматитах и других магматических породах.
5. Людвикит – минерал черного цвета, состоящий из оксидов урана, железа и магния. Встречается в гидротермальных и метаморфических породах.
6. Тюямунит – минерал желтого цвета, содержащий ванадат кальция и урана. Встречается в осадочных породах и в зонах окисления урановых месторождений.

Добыча урановой руды обычно осуществляется путем подземной либо же открытой добычи. После извлечения руды производится ее обогащение для повышения концентрации урана. Уже далее очищенный уран может быть использован в разных целях, в зависимости от его формы и обогащения. Важно отметить, что добыча и использование урана связаны с рисками для здоровья людей, животных и окружающей среды. Поэтому необходимо соблюдать строгие меры безопасности и следовать соответствующим правилам и нормативам.

1.2 Месторождения урана в Казахстане

На сегодняшний день Казахстан занимает лидирующие позиции по запасам и добыче природного урана в мире. Мировой рекорд по добыче был установлен с 2009 года. Страна добыла 22,5 тысячи тонн в 2013 году, что на 38% больше мирового показателя. В мире Казахстан занимает второе место по запасам урана, составляя 21% от мировых. Местонахождение урановых месторождений Казахстана находится в песчаниках и других легкопроходимых горных породах. Именно такое исключительное геологическое строение стало возможным для внедрения нового и экологически безопасного способа добычи - подземное скважинное выщелачивание. Он предусматривает погружение раствора в ураносодержащие породы и последующее извлечение урана с помощью раствора. Данный метод не требует разработки открытых карьеров или шахт, что минимизирует ущерб окружающей среде. Самые крупные залежи урановой руды в Казахстане сосредоточены в шести регионах:

- Южно-Казахстанская область: здесь насчитывают 7 крупных месторождений: Инкай, Буденовское, Мынкудук, Моинкум, Канжуган, Жалпак, Заречное
- Северо-Казахстанская область: Камышовое, Семизбай, Викторовское, Грачевское
- Кызылординская область: Северный Хорасан, Ирколь, Южный Карамурын

- Алматинская область: Сулушокынское и Кольжатское
- Мангистауская область: Меловое
- Акмолинская область: Заозерное



Рисунок 1. Крупные месторождения урана в Казахстане [1]

Казахстан - одна из ведущих стран, которая уделяет значительное внимание геологоразведочным работам для выявления новых месторождений урана. Не только изучаются уже известные рудники, но и активно исследуются перспективные территории. Эти усилия позволяют раскрыть высокий потенциал страны для увеличения добычи и запасов урана. Согласно проведенным исследованиям, Казахстан обладает оцененными ресурсами природного урана, достигающими около 1,7 миллиона тонн. Это позволяет Казахстану занимать одно из лидирующих мест среди стран с крупнейшими запасами урана в мире. Для обеспечения устойчивой добычи урана в стране была разработана и успешно реализована развитая инфраструктура. В нее входят современные рудники, высокотехнологичные обогатительные предприятия и эффективная транспортная сеть. Эти элементы инфраструктуры работают в согласованном ритме, обеспечивая процесс добычи урана в Казахстане оптимальным образом.

Благодаря развитой инфраструктуре и постоянным исследованиям новых месторождений, Казахстан продолжает укреплять свою позицию на мировом рынке урана. Это также способствует увеличению экономического потенциала страны и развитию горнодобывающей отрасли.

Рассмотрим подробнее 6 месторождений на территории Казахстана:

1. Шу—Сарысуйская провинция — урановое окружение связано с региональным фронтом зон пластового окисления. Общие запасы и ресурсы составляют 60,5% от общих запасов и ресурсов РК. На данный момент на месторождениях Уванас, Мынкудук, Канжуган, Моинкум, Акдала, Буденовское и Инкай ведется добыча урана методом ПСВ (подземноскважинное выщелачивание).
2. Сырдарьинская провинция — также урановая зона пластового окисления. Общее число запасов урана — 12,4 %, добыча ведется на месторождениях Северный и Южный Карамурун, Ирколь и Хорасан.
3. Северо—Казахстанская провинция— урановые залежи представлены жильно-штокверковым окружением в складчатых комплексах протерозоя и палеозоя. Суммарное число запасов — 16,5%.
4. Прикаспийская провинция— представлена уникальным типом 23 месторождений, связанных со скоплениями фосфатизированного костного детрита ископаемых рыб. Запасы урана — 1,8% от общих запасов РК. В настоящее время добыча урана не ведется.
5. Прибалхашская провинция — основной тип урановых месторождений — эндогенные жильно-штокверковые месторождения в континентальных вулканических комплексах. Основные месторождения провинции обработаны, добыча прекращена. Оставшиеся запасы составляют 0,4% от общих.
6. Илийская провинция — в основном урано-угольные месторождения, получившиеся в результате грунтового окисления кровли буроугольных пластов. 6 % от всех запасов РК, добычка прекращена. [2]

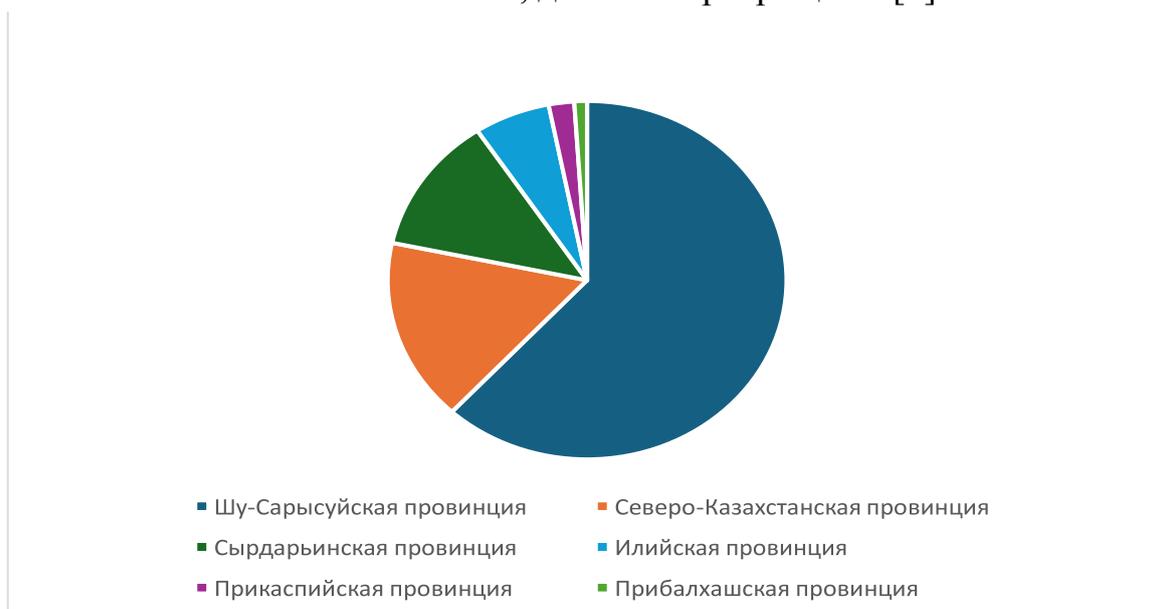


Диаграмма 1. Основные залежи урановой руды в Казахстане

1.3 Месторождение Семизбай

Месторождение «Семизбай» расположено в двух областях Акмолинской и Северо-Казахстанской, причем значительная часть (около трех четвертей площади и 83,8% запасов урана), месторождения находится в Уалихановском районе Северо-Казахстанской области, а остальная часть в районе Биржан сал Акмолинской области Республики Казахстан. Район месторождения является одним из наименее экономически освоенных в Северном Казахстане.

Месторождение Семизбай открыто в 1973 году, успешно отрабатывается способом ПСВ с конца 1984 года, и является наиболее крупным месторождением палеодолинного типа в южной окраине Западно-Сибирской низменности. Расположено в восточной части Кокчетавского поднятия, в пределах Жаман - Койтасского гранитного массива. Горный отвод (№ 869-РТПИ от 11 июля 2017 г.) на месторождении Семизбай имеет общую площадь 27,2 км².

Основной деятельностью предприятия является промышленная отработка месторождения урана на руднике «Семизбай» методом подземного скважинного выщелачивания, по специальной технологической схеме.

Технологический процесс промышленной добычи урана на месторождении Семизбай состоит из следующих стадий:

- горно-подготовительные работы (ГПР), включающие в себя планирование схем вскрытия балансовых запасов, сооружение технологических скважин, обвязку блоков трубопроводами и ЛЭП, и закисление горнорудной массы (ГРМ) растворами серной кислоты;
- добычу урана;
- насосный раствороподъем урансодержащих (продуктивных - ПР) растворов из скважин;
- сбор продуктивных растворов с технологических блоков;
- транспортировка ПР в пескоотстойники по трубопроводам на действующий перерабатывающий комплекс;
- транспортировка возвратных растворов по трубопроводам на геотехнологические поля (ГТП) добычных полигонов;
- подкисление возвратных растворов серной кислотой, с целью получения выщелачивающих растворов (ВР);
- закачивание ВР в скважины добычного полигона; - ликвидация скважин и добычного полигона по завершении отработки залежи/месторождения.

ТОО «Семизбай» было создано в 2006 году. На месторождении Семизбай представлены следующие объекты:

- Промплощадка № 1
 - Перерабатывающий комплекс (Промышленная площадка);
 - Полигон ТБО;
 - Вахтовый поселок.
- Промплощадка № 2
 - Добычный полигон (геотехнологическое поле)
 - Шламонакопитель.

Перерабатывающий комплекс предназначен для переработки продуктивного раствора (ПР), поступающего в технологическую карту ПР с геотехнологического поля в урансодержащий товарный десорбат. [2]



Рисунок 2. Добыча урана методом ПСВ [2]

Геотехнологическая схема добычи урана из месторождений осадочного типа различными скважинными системами включает следующие взаимосвязанные технологические процессы:

1. собственно сернокислотное выщелачивание урана из рудных тел на месте их залегания с получением продуктивных урансодержащих растворов;
2. сорбционное извлечение урана из продуктивных растворов ионами с получением насыщенного уранового ионита и обедненных по

урану возвратных растворов (маточников сорбции), возвращаемых в цикл подземного выщелачивания после доукрепления серной кислотой;

3. регенерация насыщенного ионита с получением товарного уранового концентрата и регенерированного ионита в исходной солевой форме, возвращаемого на сорбцию урана из продуктивных растворов.

Месторождение Семизбай было введено в эксплуатацию в 2009 году, а готовой продукцией является товарный десорбат.

1.3.1 Выщелачивание урана из руды месторождения Семизбай

По данным литературных источников выделяют некоторые формы нахождения урана: водорастворимые, сорбированные, уран органические, урановые минералы. Наиболее легко вскрываемые при подземном выщелачивании являются водорастворимые, сорбированные и уран органические соединения. Баланс форм нахождения урана в рудах определяется по данным фазового химического анализа. Он заключается в последовательном выщелачивании урана следующими реагентами: NaCl (5%), NaOH (2%), HCl (5%). В месторождениях нахождение урана имеет следующий состав:

1. Водорастворимые соединения – 9,3%
2. Сорбированные соединения – 7,2%
3. Уран органические соединения – 16,9%
4. Минеральные соединения – 66,6%

На месторождениях методом подземного выщелачивания можно легко извлечь 33% урана.

Прежде надо рассмотреть информацию по составу.

Компонент, %	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	U ₃ O ₈
	82.9	0.2	6.3	2.6	0.6	0.02	0.2	0.3	0.072
Компонент, %	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Собщ.	CO ₂	Сорг.	Влага	∑	
	0.9	2.2	0.03	0.4	0.5	0.3	0.2	99.6	

Таблица 1. приведена информация по среднему химическому составу технологических проб

Минералы	%
кварц SiO ₂	66.7
Калиевый полевой шпат KAlSi ₃ O ₈	13.1
Полевые шпаты (плаггиоклаз) NaAlSi ₃ O ₈	8.3

Каолинит [Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄]	4.0
Слюды (мусковит) [K ₂ Al ₄ (Si ₆ Al ₂ O ₂₀)(OH,F) ₄]	2.2
Кальцит (возможно Mg-кальцит) [Ca,Mg(CO ₃) ₂]	2.8
Минералы железа	2.9
Минералы урана	0.072

Таблица 2. приведена информация по среднему минеральному составу технологических проб

В начале на месторождении Семизбай проводят стадию закисления, которую надо рассмотреть подробнее.

Благодаря закислению блока создаются благоприятные условия для перевода урана в раствор. Закисление на месторождении Семизбай проводят в активном режиме по закольцованной схеме сам на себя. При такой схеме кислые раствора подавались в скважины закачные и проводилась откачка из скважин откачных. На первой стадии закисления (это примерно 7–10 дней) проводилось повышение кислотности растворов от 10 г/л до 25 г/л. Затем стабилизировали кислотные растворы на уровне 15–17 г/л. Конец закисления считается время появления в откачных скважинах наличие продуктивных растворов с содержанием урана выше 30 мг/л и достижение величины рН откачиваемых растворов на уровне 2,5 единиц. Закисление блока длилось 112 суток. После завершения закисления постепенно снижаем кислотность растворов до 8—10 г/л.

Я рассмотрела блок 1 на стадии закисления:

1. Время стадии: 3,6 месяца
2. Средняя приемистость закачных скважин: 2,1 м³/час
3. Подано в недра: 73,91 тыс. м³ выщелачивающих растворов
4. Поднято на поверхность: 41,86 тыс. м³ продуктивных растворов
5. Отношение Ж: Т: 0,15
6. Общий расход серной кислоты (100%): 900,7 тонн
7. Удельный расход серной кислоты: 3,24 кг/т ГРМ

В стадии выщелачивания уран переходит в жидкую фазу и начинается откачка растворов. Процесс добычи в блоке 1И был начат с содержанием урана 12 мг/л. Время выщелачивания составляет 1004 суток (33,3 месяца).

Закисление обычного блока заключается в подаче растворов с повышенной концентрацией кислоты до создания соответствующей

геохимической обстановки в рудном горизонте (рН 2.5–3). Момент окончания закисления блока жестко не фиксируется и длится от 20 до 60 дней. Уточняется окончание закисления блока количеством поданной кислоты на 1 тонну закисляемой горнорудной массы или появление устойчивых минимально промышленных содержаний урана в большинстве откачных скважин блока.

Активное выщелачивание ведется после закисления в том же режиме, но с постепенным уменьшением концентрации кислоты в выщелачивающих растворах. На заключительной стадии идет отмывка, которая осуществляется маточными растворами сорбции с остаточной кислотностью 1–2 г/л без дополнительного подкисления.

Скважины на месторождении Семизбай

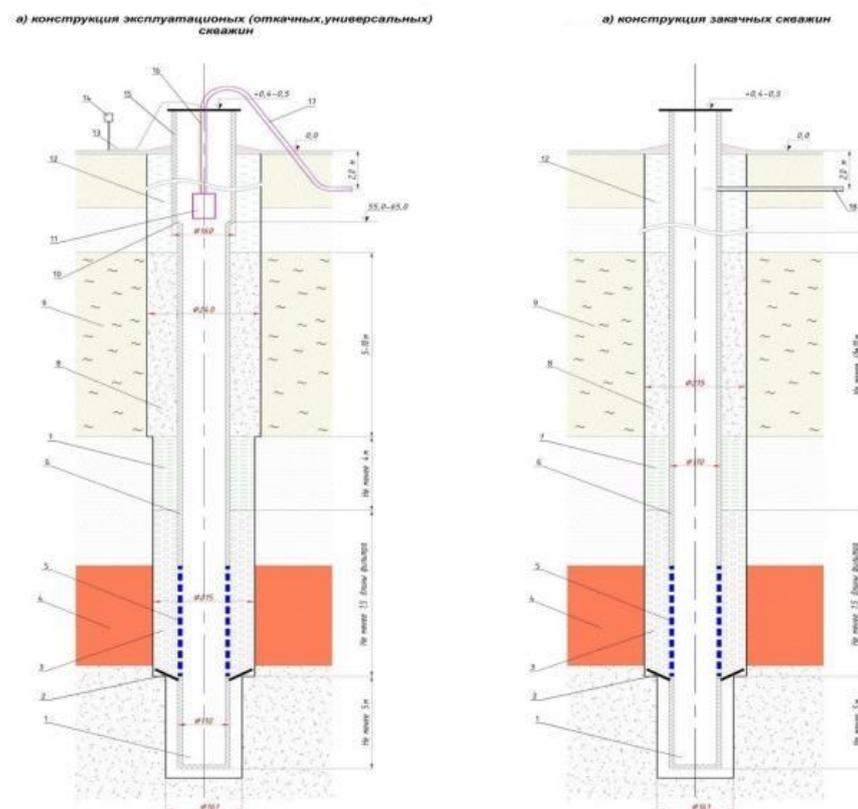


Рисунок 3. Конструкция скважин [3]

А) эксплуатационная скважина; В) нагнетательная скважина

Обозначения: 1-пескоотстойник; 2- манжета из кислотной резины Ø 270мм; 3- гравийная обсыпка (кварц-кремнистые породы d= 1-3 мм); 4- рудный интервал; 5- фильтр КДФ 118/90; 6- обсадная колонна ПНД 110x14,6; 7-глиняная подушка; 8- цементное кольцо; 9- водоупор между ВГР и НРГ; 10- переход диаметров труб; 11- погружной насос; 12- гельцементный раствор;

13- электрический кабель; 14- щит управления; 15-обсадная колонка ПНД 160x14,6; 16- трос; 17- труба ПР; 18-труба ВР.

Основные технические данные для сооружения скважины:

1. Средняя глубина скважин: 90–110 м.
2. Глубина залегания статического уровня вод: 10–15 метров от поверхности земли.
3. Понижение статического уровня при откачке: 10–15 метров (по опытным данным).
4. Удельный вес жидкости, заполняющей скважину: 1,01 т/м³.
5. Средний удельный вес рудовмещающих пород: 1,60 (для ВРГ) - 1,65 (для НРГ) т/м³.
6. Категория пород по устойчивости: 5,0.
7. Коэффициент неоднородности пород: 1.0 до 1,1.
8. Средняя категория по буримости: 4–5.
9. Способ раствороподъёма – насосный

1.4 Методика исследования выщелачивания урановых руд

Самая первая стадия уранового производства – концентрирование. Породу долбят и смешивают с водой. Тяжелые компоненты, такие как магний, натрий, калий, железо и аммиак, взвеси осаждаются быстрее. Если порода содержит минералы урана, то они также осаждаются быстро. Вторичные минералы урана легче, в таких случаях раньше оседает глинистая пустая порода. Следующая стадия – выщелачивание концентратов и перевод урана в раствор.

Выщелачивание урановых руд бывает щелочным и кислотным. Рассмотрим в начале кислоты выщелачивание: при кислотном выщелачивании окисленных минералов уран переходит в раствор в виде уранил-иона. На ряду с сульфатом уранила в жидкой фазе содержатся комплексные сульфаты уранила. При этом концентрация урана должна состоять около 19 мг/л, после этого раствор отправляется на извлечение урана из раствора. Потребление кислоты не зависит от содержания урана в руде, а определяется её составом: очень часто основной расход кислоты приходится на карбонатные минералы. Общая потребление кислоты может изменяться от 10и кг H₂SO₄ на тонну руды до более, чем 100 кг/т. Время выщелачивания может изменяться от нескольких часов до более 24-х часов. Для некоторых руд время выщелачивания можно значительно сократить путём нагрева пульпы: на некоторых предприятиях применяется нагрев от 40 до 60 градусов.

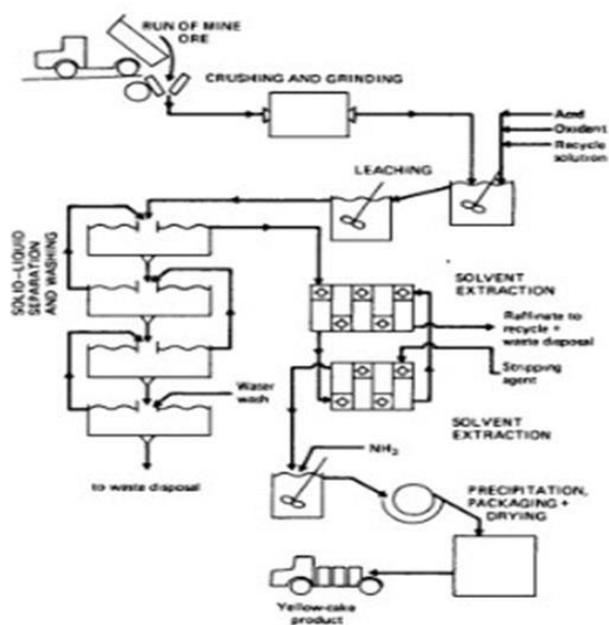


Рисунок 4. Основные этапы кислотного выщелачивания [4]

Как видно из рисунка 3, основными этапами в кислотном выщелачивании:

1. Дробление и измельчение.
2. Выщелачивание
3. Разделение твердых и жидких компонентов, а также их промывка
4. Экстракция растворителем или ионный обмен
5. Осаждение и сушка жёлтого осадка(кек)

Если руда достигает 25 см в диаметре или больше, то она измельчается до консистенции мелкого песка. На каждый кг измельченного урана необходимо переработать от 500 до 5000 кг руды. (большинство руд содержит от 0.02% до 0.1% урана). Для того чтобы удовлетворительно извлечь уран во многие руды необходимо добавлять окислитель, примером окислителя может служить диоксида марганца или же хлорат натрия. Окислитель необходим так как большинство руд содержит уран в восстановленной или 4-валентной форме. Восстановленный уран слабо растворим в кислых растворах, поэтому окислитель обеспечивает движущую силу для перехода урана в 6-валентное состояние (оно легко растворимо). Степень извлечения для выщелачивания обычно составляет от 85% до 95%, получаемый в конце растворы относительно разбавлены, но представляют собой кислые сульфатные растворы. В таких растворах обычно присутствуют ионы металлов, в том числе уран. Также присутствующие металлы: железо, алюминий, магний, ванадий, кальций, молибден, медь, селен. Концентрация урана обычно составляет 1–2 г/л,

концентрация других металлов варьируется от руды. При подземным выщелачивании окислителем является 3-валентное железо.

Щелочное выщелачивание. Процесс щелочного выщелачивания используется, когда содержания известняка в руде высокая, следовательно, кислотное выщелачивание неэкономично. При кислотном выщелачивании в окислительных условиях могут образовываться растворимые анионные комплексы карбоната урана. Наиболее распространённым раствором для выщелачивания является смесь карбоната натрия и бикарбоната натрия. Карбонатное выщелачивание применяется для карбонатных руд в присутствии кислорода, который действует как окислитель. Карбонатное выщелачивание является более «мягким» чем кислотное. Из недостатков карбонатного выщелачивания стоит выделить:

1. Стоимость соды выше, чем у серной кислоты.
2. Стоимость выщелачивания меньше, чем у кислотного.
3. Низкая степень извлечения урана.



Рисунок 5. Схема щелочного выщелачивания [5]

C_1 – концентрация выщелачивающего реагента в объеме раствора и на внешней границе диффузионного слоя, моль/л;

C_2 – концентрация реагента на контурной поверхности зерна, моль/л;

C_3 – концентрация реагента на границе зерна уранового минерала в порах, моль/л; b_1 – эффективная толщина внешнего диффузионного слоя, м; b_2 – толщина внутреннего диффузионного слоя, м;

Для эффективной работы всех систем выщелачивания уран должен либо находиться изначально в более стабильном шестивалентном состоянии, либо быть окислен до этого состояния в процессе выщелачивания. Кислотное выщелачивание обычно проводится путем смешивания смеси руды и

выщелачивается в течение от 4 до 48 часов при комнатной температуре. Обычно в качестве выщелачивающего вещества используется серная кислота, ее добавляют в достаточных количествах для получения конечного раствора (щелока) для выщелачивания с рН около 1,5. В сернокислотных схемах выщелачивания, как правило, используют диоксид марганца или хлорат-ион для окисления иона четырехвалентного урана (U^{4+}) до шестивалентного уранил-иона (UO_2^{2+}). Обычно для окисления четырехвалентного урана достаточно около 5 килограммов диоксида марганца или 1,5 килограмма хлората натрия на тонну. Окисленный уран затем вступает в реакцию с серной кислотой, образуя комплексный анион сульфата уранила, $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$.

Урановые руды, содержащие большое количество основных минералов, например, кальцит или доломит, выщелачиваются растворами карбоната натрия от 0,5 до 1 молярного содержания. Окислителем урана является кислород. Руды обычно выщелачиваются на воздухе при атмосферном давлении и температуре от $75^{\circ}C$ до $80^{\circ}C$ в течение определенного периода времени, зависящего от типа руды. Щелочное выщелачивающее вещество реагирует с ураном, образуя легко растворимый комплексный ион уранилкарбоната, $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$. Перед дальнейшей обработкой растворы, полученные в результате кислотного или карбонатного выщелачивания, подвергаются осветлению. Широкомасштабное удаление глины и других рудных шламов достигается с помощью эффективных флокулянтов, таких как полиакриламиды, гуаровая камедь и животный клей.

Комплексные ионы $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$ и $[UO_2(SO_4)_3]^{4-}$ могут быть сорбированы из соответствующих выщелачивающих растворов ионообменными смолами. Эти специальные смолы, характеризующиеся кинетикой сорбции и элюирования, размером частиц, стабильностью и гидравлическими свойствами, могут использоваться в различном технологическом оборудовании — например, в установках с неподвижным слоем, подвижным слоем, со смолой в пульпе в виде корзинок и со смолой в пульпе в режиме непрерывного действия. Затем традиционно используют растворы хлорида натрия и аммония или нитрата для элюирования сорбированного урана из обменных смол.

Существует несколько видов ионообменных смол, которые могут быть использованы для добычи урана. Одной из таких смол является смола Hydrolite ZGA353YT.

Уран также может быть удален из кислых растворов выщелачивания руды путем экстракции растворителем. В промышленных методах обычными растворителями являются алкилфосфорные кислоты — например, ди(2-этилгексил) фосфорная кислота — и вторичные и третичные алкиламины.

Как правило, экстракция растворителем предпочтительнее методов ионообмена для кислых продуктов выщелачивания, содержащих более одного грамма урана на литр. Однако экстракция растворителем непригодна для извлечения урана из растворов карбонатного выщелачивания.

1.5 Acidithiobacillus ferrooxidans и Acidithiobacillus thiooxidans

Thiobacillus ferrooxidans и *Acidithiobacillus thiooxidans* относятся к тионовым бактериям. Тионовые бактерии в свою очередь являются хемолитоавтотрофами, которые в свою очередь могут использовать восстановленные соединения и неорганические соединения, в процессе окисления которых они получают энергию, с помощью которой синтезируют собственные органические вещества. Хемолитоавтотрофный метаболизм *A. Ferrooxidans* и *A. thiooxidans* приводит к окислению/восстановлению соединений железа и серы, а также солубилизации меди и других коммерчески ценных металлов в процессе, называемом биовыщелачиванием или биодобычей. Это также приводит к производству подкисленных растворов в нетронутой окружающей среде и кислотному дренажу шахт при операциях биологического выщелачивания.

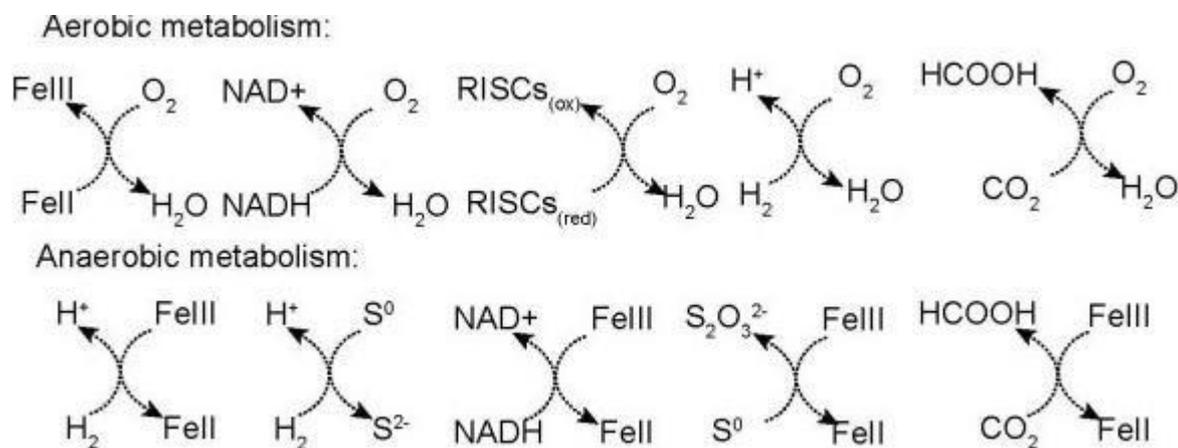


Рисунок 6. Реакции окисления/восстановления, проводимые бактериями *A. Ferrooxidans* [6]

A. Ferrooxydans — один из немногих микроорганизмов, которые, как известно, получают энергию за счет окисления двухвалентного железа в кислой среде, используя низкий pH своей естественной среды для генерации обратного потока электронов. Он также может получать энергию путем окисления восстановленных соединений серы, водорода и формиата. Этот микроорганизм вносит важный вклад в биогеохимический круговорот металлов в окружающей среде и потенциально может помочь в восстановлении

загрязненных металлами участков благодаря своей способности окислять и восстанавливать металлы. Трехвалентное железо и серная кислота являются основными побочными продуктами процессов преобразования энергии, и эти химические вещества могут мобилизовать металлы в окружающей среде, включая токсичные металлы, такие как мышьяк. Он также может восстанавливать ионы железа и элементарную серу, тем самым способствуя переработке соединений железа и серы в анаэробных условиях. Поскольку микроорганизм также может фиксировать CO_2 и азот, считается, что он является основным производителем углерода и азота в кислой, бедной питательными веществами среде.

1.5.1 Роль микроорганизмов в выщелачивании

Микробиологическое выщелачивание использовалось в качестве альтернативного подхода традиционным гидрометаллургическим методам извлечения урана. В процессе микробиологического выщелачивания бактерии, окисляющие железо, окисляют пиритные фазы до трехвалентного железа и серной кислоты, и уран растворяется из руды из-за воздействия серной кислоты. Если уран в рудном материале находится в восстановленной четырехвалентной форме (UIV), происходит окислительно-восстановительная реакция, при которой уран окисляется до шестивалентной формы (UIV) при растворении. В системах кислотного выщелачивания основным окислителем является трехвалентное железо, которое восстанавливается до двухвалентного железа в результате химической реакции с UIV. Образующееся таким образом двухвалентное железо повторно окисляется до трехвалентного железа железобактериями, такими как *Thiobacillus ferrooxidans* и *Leptospirillum ferrooxidans*. Оценены потребности ацидофильных железобактерий в питательных веществах и их реакция на экстремальные условия окружающей среды. S-соединение в сульфидах железа окисляется до сульфата бактериями, подобными *Thiobacillus ferrooxidans* и *Thiobacillus thiooxidans*. Окисление пирита и марказита представляет собой реакцию образования серной кислоты. Методы кучного, отвального и подземного выщелачивания применимы в качестве систем бактериального выщелачивания.

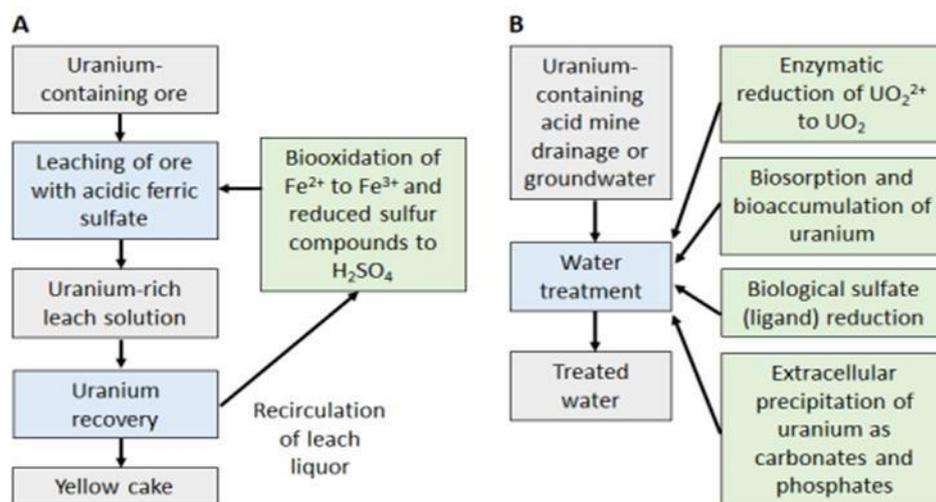


Рисунок 7. Потенциальная роль микроорганизмов в

А) кислотном и сульфатном выщелачивании урановых руд

В) очистке ураносодержащих кислых шахтных дренажей и подземных вод [7]

1.6 Культивирование бактерий

Подземное выщелачивание происходит с добавлением комплексообразующих реагентов (кислые и щелочные) и окисляющих компонентов (кислород или перекись водорода). Одним из способов выщелачивания является добавление *Th. ferrooxidans* в таких количествах, которые будут превышать природные показатели. Бактерии добавляют с дополнительными питательными средами, например такими как $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, которые способствуют их росту и развитию. Увеличивающаяся популяция бактерий способствует скорейшему окислению руд, нежели если бы процесс происходил естественным способом.

Рассмотрим процесс культивирования микроорганизмов. Сама биомасса *A. ferrooxidans* выращивается в культиваторе. Концентрация биомассы, которая выращена в культиваторе на среде 9К, может достигать 5 г/л и более. Могут быть использованы как адаптированные, так и не адаптированные штаммы. Обязательным является аэрация культиватора, так как бактерии *A. Ferrooxidans* являются аэробами.

Само биоокисление железа в растворах подземного выщелачивания проводится в периодическом режиме. Реактор должен быть емкостью 1 л при подаче воздуха 4л/мин с автоматическим регулированием рН при температуре 25 С.

Количество биомассы определяется по центрифужному объему (г/л сухой биомассы).

1.6.1 Состав среды 9К

Теперь надо рассмотреть оптимальные питательные среды. Способ культивирования штаммов тионовых бактерий заключается в том, что суспензию штамма *Thiobacillus ferrooxidans* вводят в питательную среду БИР 1, в качестве которой используется следующий состав(г/л):

H_2SO_4	5.0
Пирофорные сульфидные железа	35-50
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1.0-1.5
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	0.1-0.3
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.05-0.1
KCl	0.03-0.05
H_2O водопроводная отстоянная	1л

Таблица 3. Состав питательной среды БИР 1

Введение суспензии штаммов осуществляется в соотношении питательная среда: суспензия штамма, равном (8–10):1.

Одной из оптимальных питательных сред для культивирования тионовых бактерий является среда Сильвермана и Люндгрена 9К. Ее готовят с помощью двух растворов (именно в этой питательной среде у нас проходило культивирование микроорганизмов):

1-й раствор:	в 700 мл дистиллированной воды растворяют (г):
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	3.0
K_2HPO_4	0.5
KCl	0.1
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5
2-й раствор:	в 300 мл дистиллированной воды растворяют (г):
H_2SO_4	1 мл
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	44.2

Таблица 4. Состав среды 9К

(pH \approx 1.5–2.5).

Растворы стерилизуют отдельно, 1-й раствор при 1 атм, а 2-й при 0.5 атм. Затем оба раствора смешивают.

В нашем опыте мы культивировали микроорганизмы на среде 9К. После внесения микроорганизмов в культиватор объемом 5л мы подливали питательную среду в течение каждых 3–4 дней. Содержание бактерий

увеличивалась со временем. Инкубировать следует при температуре 30 градусов до появления роста. При этом появляется бурая окраска, которая вызвана образованием соединения железа (3+). Накопление биомассы в реакторе влияет на процесс БОЖ. В биореакторе количество бактерий составляло 5 г/л. Бактерии *A. Ferrooxidans* достигают размеров 1мкр*0,5 мкр*0,5 мкр, поэтому в 1 литре раствора может находиться до $[(4 \cdot 10)^9]$ бактерий. С течением времени содержание бактерий в биореакторе постепенно увеличивается.

Также если бактерии плохо размножались и росли, то мы добавляли соли без раствора (т. е. не смешивая с водой) каждые 5 дней, потом смотрели на рост и определяли, нужно ли добавлять дальше растворами или также солями.

Кол-во дней	Содержание бактерий г/л
30 дней	<0,01
60 дней	0,1
90 дней	0,75

Таблица 5. Измерение содержания бактерий через каждые 30 дней

Также подавалась постоянная аэрация в биореактор. За час мы подавали около 10 л воздуха на 1 литр среды, т.е. на весь биореактор за час тратилось примерно 50 литров воздуха.



Фото 1. Культивирование микроорганизмов *Thiobacillus ferrooxidans* в питательной среде 9К

1.6.2 Адаптация, активизация и оптимизация бактерий при выщелачивании

Одной из основных характеристик микроорганизмов, используемых в процессе выщелачивания, является их способность адаптироваться к агрессивным средам, характеризующимся заметным присутствием тяжелых металлов. Обычно в адаптационных испытаниях источник энергии (т. е. сульфат железа) постепенно заменяется процентами минеральной пульпы, заканчиваясь субкультурами без добавление внешнего источника энергии. Адаптация бактерий означает подбор или изменение условий, чтобы бактерии могли эффективно работать в окружающей среде с высоким содержанием щелочи. Это может включать в себя изменение рН, температуры, или добавление питательных веществ, чтобы создать оптимальные условия для жизнедеятельности бактерий. Есть пару критериев адаптации:

1. Прочность трубопроводов – обсадных колонн;
2. Отсутствие гидроразрывов пород продуктивного пласта;
3. Обеспечение рН в заданных конкретных для каждого пласта пределах;
4. Невозможность зашламовывания фильтровых колонн снизу от почвы пласта – нижнего водоупора;
5. Пятое условие требует, чтобы емкость катионного обмена раствора превышала емкость катионного обмена пород продуктивного пласта. Если соблюдено данное условие, то будет происходить интенсивное выщелачивание.

Первые три условия регламентируют кислотность, ОВП и емкость катионного обмена. Третье условие также гарантирует отсутствие застойных зон.

Активизация бактерий предполагает стимулирование их роста и активности в процессе выщелачивания. Это может быть достигнуто путем добавления культур бактерий или стимуляции их метаболической активности с помощью добавления определенных веществ. Применение бактерий в выщелачивании может быть полезным с точки зрения улучшения эффективности процесса и снижения его воздействия на окружающую среду. Бактерии могут помочь в растворении металлов из руды, что делает их доступными для дальнейшей переработки или использования. Кроме того, использование биологических методов может снизить необходимость в применении химических реагентов, что может сократить затраты и негативное воздействие на окружающую среду.

Механизмы адаптации бактерий к условиям подземного окружения при подземном выщелачивании урановых руд являются ключевыми для успешного

протекания этого процесса. Ниже можно описать основные механизмы адаптаций:

1. Метаболическая адаптация. Тут можно описать два способа адаптации.

Метаболическая пластичность: Бактерии могут изменять свои метаболические пути в ответ на изменяющиеся условия. Например, они могут адаптироваться к низким концентрациям кислорода или высоким концентрациям токсичных металлов, изменяя свои метаболические пути для обеспечения необходимой энергии и роста.

Ферментативная активность: Бактерии могут производить и использовать различные ферменты для адаптации к определенным условиям окружающей среды. Например, некоторые бактерии могут синтезировать ферменты, которые позволяют им использовать альтернативные источники энергии, такие как органические соединения или сероводород.

2. Структурная адаптация. В условиях подземного окружения эти бактерии могут подвергаться различным структурным адаптациям для оптимизации их функционирования.

Наиболее сложной проблемой считается повышение критерия адаптации по времени. Здесь принимают разные подходы, называемые оптимизацией:

1. Достижение максимизации всех частных критериев адаптации при определенных ограничениях;
2. Для оптимизации выбирают только часть критериев адаптации по наиболее продуктивным.

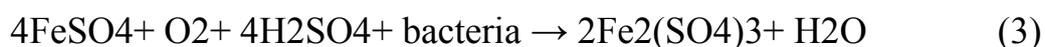
1.7 Механизм микробного выщелачивания

Механизм биовыщелачивания основывается на взаимодействии биологических, химических и электрохимических процессах. Роль микроорганизмов в процессах биовыщелачивания урана заключается в окислении Fe^{2+} до Fe^{3+} , окислении элементарной серы и восстановленных соединений серы, образовании серной кислоты, поддержании кислой реакции среды. В настоящее время биовыщелачивание включает два сосуществующих механизма взаимодействия бактерий с сульфидными минералами: прямой (контактный) и косвенный (бесконтактный). Прямое бактериальное выщелачивание происходит при физическом контакте бактериальных клеток с поверхностью минерала, катализируемых ферментами. Предположительно бактерии прикрепляются не ко всей поверхности минерала, а предпочитают специфические участки дефектов кристаллической решетки. В режиме прямого бактериального механизма наличие пирита, который часто

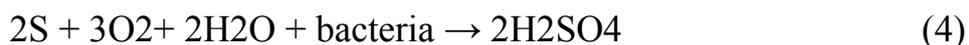
присутствует в урановых рудах, обеспечивает необходимый источник энергии для бактерий благодаря его окислению:



При косвенном механизме биовыщелачивания бактерии окисляют ионы двухвалентного железа до трехвалентного, который химически окисляет сульфидный минерал.



Выделяющаяся в процессе сера окисляется бактериями до серной кислоты:



При биовыщелачивании урановых минералов нерастворимый четырехвалентный уран из нерастворимых урановых окислов в кислой среде переходит в растворимые сульфаты благодаря действию трехвалентного железа и серной кислоты, образуемой микроорганизмами.



1.8 Биовыщелачивание гетеротрофами

Поскольку минералы не являются стерильными и не могут быть стерилизованы в коммерческих масштабах, биовыщелачивание с использованием гетеротрофов представляет некоторые проблемы. Ацидофильные автотрофы растут в высокоселективных средах, которые практически не переносят конкурентов, которые могут их вытеснить, но это не относится к гетеротрофам. Механизм растворения/накопления урана гетеротрофами можно визуализировать, рассматривать как комбинацию ацидолиза и комплексолиза. Свободноживущие и симбиотические грибы

выделяют карбоновые кислоты (щавелевая, лимонная и глюконовая), которые снижают рН среды, а также действуют как хелаторы металлов при преобразовании нерастворимого урана в растворимый. Имеются сообщения о последовательном изменении спектров XANES координация уранилов карбоксилатными лигандами, предполагающая участие грибковых карбоновых кислот в растворении урана. Виды грибов *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. и некоторые водоросли, как известно, накапливают уран на своих клеточных стенках или в цитозоле.

Микробиологические процессы удаления металлов из раствора можно разделить на три категории: адсорбция ионов металлов на поверхности раствора микроорганизмами, внутриклеточное поглощение металлов и химическое превращение металлов биологическими агентами.

Извлечение урана из пиритовых и сульфидных/несульфидных руд с использованием таких микроорганизмов, как *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* и *Curvularia*, использовалось для модернизации минерального сырья путем удаления примесей. Он основан на генерации/секреции некоторых органических кислот, таких как щавелевая, лимонная и глюконовая кислоты из гетеротрофных микроорганизмов, особенно грибка, которые действуют как хелатирующие агенты. Вид *Aspergillus*, который синтезирует щавелевую кислоту в качестве метаболита, может выщелачивать значительные количества урана из геологических пород. Было обнаружено, что способность выщелачивания урана из железистого алевролита с использованием местных видов грибов, таких как *Aspergillus terreus* и *Penicillium spinulosum*, изменяется в зависимости от присутствия содержания SiO_2 и Fe_2O в руде. Руды с высоким SiO_2 и низким Fe_2O_3 приводили к соответствующему выщелачиванию урана на 88,2% и 62% с *A. terreus* при концентрации 1% руды, тогда как с *P. spinulosum* извлечение составило 81,5% и 77,6% из двух руд. Большие количества урана, выщелачиваемого этими грибными видами, могут быть связаны с производством карбоновых кислот в средах, которые смещают рН к более низкой кислотности при образовании растворимых комплексов. Кварцевый песок, каолины и глины, которые снижают качество минералов, могут быть удалены этими микроорганизмами. Наилучшие результаты были достигнуты, когда щавелевая и лимонная кислоты были основными компонентами в выщелачивании/растворе.

1.9 Оптимальные параметры при окислении железа

Небольших количеств железа достаточно, чтобы окислить даже большие избытки урана. Биологическое окисление Fe (II) имеет значительный шаг в

растворении урана. Fe (II) легко окисляется до Fe (III), который может служить донором электронов. Окислительно-восстановительная пара Fe (II)/Fe (III) имеет очень положительный стандартный электродный потенциал (~ 770 мВ при pH 2,0). Концентрации Fe(III), превышающие 3 г/л, не оказывают существенного влияния, и было установлено, что концентрация Fe(III) 1–2 г/л обычно достаточна для эффективного растворения U(IV) с минимальным содержанием 0,5 г/л Fe(II). Как результат только кислород способен действовать как естественный акцептор электронов в присутствии протонов с водой в качестве продукта реакции (O_2/H_2O 820 мВ при pH 7,0). В промышленности генерация Fe (III) осуществлялась путем добавления сильного окисляющего агента при сохранении Eh между 400 и 500 мВ. Поэтому использование Fe в качестве донора электронов будет происходить только во время аэробного дыхания, поскольку Fe (II) спонтанно окисляется до Fe (III), если pH не является низким. Экстремальные ацидофильные бактерии способны использовать Fe (II) в качестве донора электронов таким образом, который невозможен для бактерий, которые растут при нейтральном pH из-за незначительной разницы в окислительно-восстановительном потенциале между Fe (II)/Fe (III) и O_2/H_2O окислительно-восстановительных пар и только один моль электрона высвобождается на моль окисленного железа. Огромное количество Fe (II) необходимо окислить, чтобы произвести относительно небольшую клеточную массу. Большое количество железа не транспортируется через клеточную мембрану, а остается вне клетки, и каждый ион Fe (II) просто доставляет свой электрон в носитель, расположенный в оболочке клетки. Ранее сообщалось, что *A. ferrooxidans* может увеличить скорость окисления Fe (II) на полмиллиона до миллиона раз по сравнению с абиотическим химическим окислением двухвалентного железа растворенным кислородом.

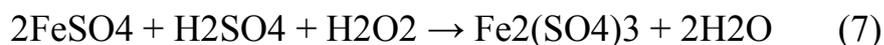
2 Экспериментальная часть

В экспериментальной части рассмотрены схемы переработки и пероксидное осаждение урана, а также основные результаты исследований.

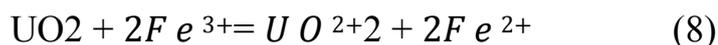
2.1 Технологическая схема переработки урановых руд

Сущность подземного скважинного выщелачивания (ПСВ). Суть ПСВ заключается в извлечении полезных компонентов из рудных залежей путем растворения их в жидком растворителе, который прокачивается через рудное тело. Этот процесс осуществляется без перемещения горной массы и

осуществляется в естественных условиях залегания руды. Одним из ключевых факторов в процессе ПСВ урана является использование окислителей. Окислители способствуют переводу четырехвалентного урана (U⁴⁺) в легкорастворимую шестивалентную форму (U⁶⁺). Традиционный окислитель - железо (3+). Исторически сложилось, что на многих месторождениях в качестве окислителя применяется трехвалентное железо (Fe³⁺). Fe³⁺ окисляет U⁴⁺ до U⁶⁺, а затем восстанавливается до двухвалентного железа (Fe²⁺). Инновационный окислитель - пероксид водорода. На месторождении "Семизбай" с 2010 года используется пероксид водорода (H₂O₂). Он не оказывает прямого влияния на окисление урана, но выполняет важную роль в поддержании необходимого уровня Fe³⁺ в растворе. Более 95% растворенного железа в выщелачивающих растворах находится в двухвалентной форме (Fe²⁺). Пероксид водорода окисляет Fe²⁺ до Fe³⁺:



Fe³⁺, образовавшееся в результате этой реакции, далее окисляет U⁴⁺ до U⁶⁺, восстанавливаясь при этом до Fe²⁺:



Применение пероксида водорода в качестве окислителя на месторождении "Семизбай" привело к следующим преимуществам:

- * Сокращение сроков отработки месторождения: ускорение окисления урана позволяет быстрее извлекать его из руды.
- * Снижение себестоимости добычи урана: более короткие сроки отработки снижают затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования.
- * Увеличение извлечения урана: пероксид водорода обеспечивает более эффективное окисление урана, что приводит к повышению коэффициента извлечения. В заключение, применение окислителей, в частности пероксида водорода, в ПСВ урана является важным фактором, который позволяет оптимизировать процесс выщелачивания, сократить сроки отработки месторождения и снизить себестоимость добычи урана.

2.1.1 Кинетика процесса выщелачивания урановых руд

Кинетика процесса выщелачивания урановой руды зависит от множества факторов, включая такие как физико-химические свойства руды, выбранный метод выщелачивания и условия процесса. Существуют различные методы выщелачивания урана, включая танковое, кучное и подземное выщелачивание. Каждый метод имеет свои оптимальные параметры для достижения наибольшей эффективности извлечения урана. Однако в этой работе мы

рассмотрим лишь подземное выщелачивание. Кинетика изучается на производственных и модельных растворах подземного выщелачивания.

Подземное выщелачивание применяется в случаях, когда руда находится глубоко под землей, и её добыча иначе экономически нецелесообразна. Так как кинетика определяется параметрами выщелачивания, то рассмотрим их:

- Концентрация кислоты: для подземного выщелачивания типично использование 0.1–0.3% серной кислоты (либо же азотной).
- Температура и давление: соответствуют природным геологическим условиям, однако нагревание можно использовать для увеличения скорости реакции.
- Время выщелачивания: может продолжаться несколько лет.
- pH раствора: поддерживается на необходимом уровне для эффективного выщелачивания. Должен быть достаточно низким для поддержания растворения урана (для кислотных растворов pH=2-3).

Влияющие на кинетику выщелачивания факторы:

- Минералогический состав руды: Присутствие определенных минералов может ускорять или замедлять процесс.
- Размер частиц: Меньший размер частиц увеличивает площадь поверхности для контакта с растворителем, ускоряя процесс выщелачивания.
- Присутствие загрязнителей: Некоторые элементы, например органические вещества, могут снижать эффективность процесса.

Также нам известны и основные уравнения кинетики. Для описания процесса выщелачивания и перехода урана в жидкую фазу есть два дифференциальных уравнения.

Уравнение баланса массы:

$$\frac{\delta c}{\delta t} + u \frac{\delta c}{\delta x} + \frac{\delta q}{\delta t} = 0$$

Уравнение кинетики выщелачивания:

$$\frac{\delta q}{\delta t} = \gamma (C_n - C)$$

Где c – концентрация урана в растворе, г/т; q – концентрация урана в породе, г/т. u – скорость потока раствора в пористой среде, м/сек.

C_n – концентрация насыщения урана в растворе, г/т; C – текущая концентрация урана в растворе, г/т; γ –

константа скорости реакции выщелачивания урана; x
 – координата вдоль плоскости пласта.

2.2 Осаждение урана и получение кека

Применение пероксида водорода на месторождении «Семизбай» в качестве окислителя началось в 2010 году с участка А. Рассмотрим данные на этом участке.

Средняя глубина скважин	Более 120 м
Глубина залегания подземных вод	10–15 м

В первые работы подача пероксида была точечным методом. Рассмотрим в начале выщелачивание точечным и капельным методами.

Точечный	Капельный
Используется в основном для месторождений, где урановая руда залегает в конкретных участках или в местах с высокой концентрацией урановой руды.	Используется на равномерно распределенных месторождениях или на больших площадях. Обычно такие руды имеют низкую концентрацию.
Выщелачивающий раствор (как и кислотный метод, так и карбонатный) подается через буровые скважины, направленные точно в участки с рудой. При этом раствор вводится в строго определенные точки.	Раствор подается через системы капельного орошения, которые установлены в буровые скважины. При этом методе идет равномерное распределение раствора по подземному пласту.
Преимуществами считается высокая эффективность, возможность контроля процесса выщелачивания, что снижает риск размыва ненужных пород и минимизирует загрязнение подземных вод.	Преимуществами можно считать равномерное распределение и постепенное выщелачивание, что позволяет обработать очень большие площади. Метод предполагает стабильное выщелачивание без резких колебаний концентраций урана в растворе. Также преимуществом служит то, что этим методом выщелачивают руды с низкой концентрацией урана.

Нужен тщательный контроль и мониторинг для наблюдения за раствором. Он должен попадать точно в рудный слой и предотвращать утечку в другие слои.	Поддержание постоянного давления и равномерности подачи.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------

Таблица 6. Сравнение точечного и капельного методов

Кислотность выщелачиваемого раствора при любом методе составляет 3–4 г/л. Подача серной кислоты в среднем должна быть со средней кислотностью 10 г/л.

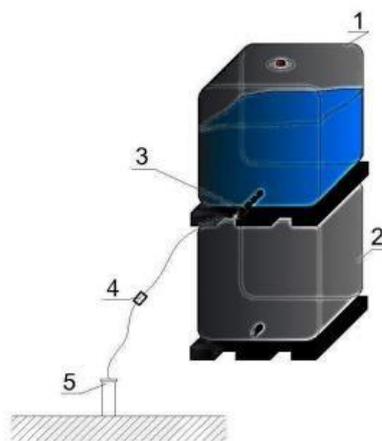


Рисунок 8. Подача пероксида водорода точечным методом

Само пероксидное осаждение бывает двух видов

А) Дискретный режим. ТД* из емкости насосами закачивается в реакторосадитель. Раствор щелочи концентрацией 250–450 г/дм³ из емкостей насосами закачивается в напорный бак щелочи. Из резервуара пероксида водорода (еврокуб) реагент через напорный бак подается в реактор.

Товарный десорбат, растворы едкого натра и пероксида водорода поступают в один из реакторов осадителей. Объем ТД в реакторе-осадителе составляет 5 м³. Нейтрализация избыточной кислотности товарного десорбата проводится раствором каустической соды. Нейтрализация ведется до pH 3,1–3,3 при принудительном перемешивании.



Осаждение пероксида урана производится 30 %-м раствором пероксида водорода в течение 4-х часов при pH 3,3–3,8. Кислота, образующаяся в результате реакции, нейтрализуется добавлением раствора каустической соды. Осаждение пероксида урана из товарного десорбата проводится по химической реакции:



Дозирование растворов едкого натрия и пероксида осуществляется при помощи регулирующих клапанов. После окончания осаждения пульпа сбрасывается в конус-сгуститель. Суммарное уравнение реакции осаждения урана перекисью водорода с получением пероксида урана имеет вид:



Пероксидное осаждение урана ведут в интервале значений pH 3,2 ÷ 3,8 ед.

Б) Каскадный режим. На участке каскадного осаждения десорбат при помощи насосов подается (при заданной производительности и с выбранной емкости) в реактор. Запускается мешалка и путем подачи щелочи из емкостей производится поддержание pH на уровне 4. При достижении определенного уровня пульпа через переливной патрубок переливается в реактор. В данный реактор подается пероксид водорода, из расчета 65% от необходимого рассчитанного количества данного реагента для осаждения урана, и раствор щелочи для поддержания pH=4. Через переливной патрубок пульпа из второго реактора поступает в третий. В данный реактор подается оставшийся пероксид водорода (35% от необходимого количества) и раствор щелочи для поддержания pH=4. Из третьего реактора пульпа поступает в четвертый реактор, где происходит рост кристаллов пероксида урана. pH раствора в четвертом реакторе = 4. Из данного реактора пульпа через переливной патрубок поступает в реактор, откуда при помощи насоса откачивается в отстойник-конусный.

Уран, соответствующий требованиям ядерного качества, обычно получают из желтого кек с помощью процесса экстракции трибутилфосфата растворителем. Сначала желтый кек растворяют в азотной кислоте для приготовления исходного раствора. Затем уран избирательно экстрагируется из этого кислотного сырья трибутилфосфатом, разбавленным керосином или какой-либо другой подходящей смесью углеводородов. Наконец, уран отделяют от экстракта трибутилфосфата в подкисленную воду с получением высокоочищенного нитрата уранила, $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$.

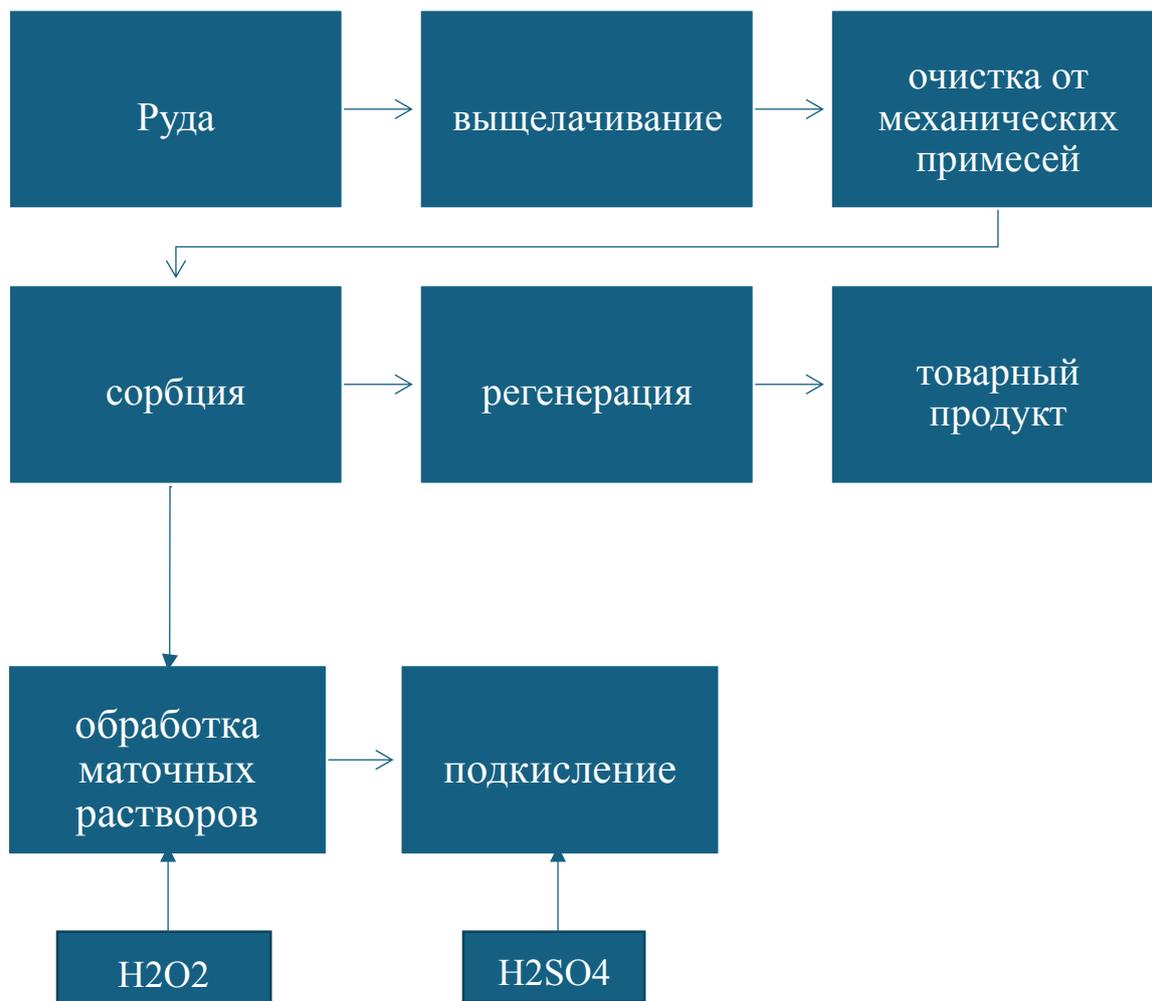


Рисунок 9. Технологическая схема использования пероксида водорода
(при биоокислении пероксид водорода заменяется на бактерии)

2.3 Результаты исследований

Размножение биомассы производили до объема 5 л на дистиллированной воде, а потом адаптировали в растворе рафинад. Параметры раствора 21–35 С. Время размножения занимает 4–7 дней. Оптимальное рН 1–2,5 с постоянной подачей воздуха. Для измерения рН мы используем рН-метр.



Фото 2. Прибор для измерения pH и температуры

Для подготовки pH-метра к работе надо его откалибровать. Для калибровки мы использовали 3 буфера (фото 3): первый буфер должен быть либо нейтральным, либо близок к нейтральному – это буфер в зеленом пакетике с pH 6,86; второй буфер должен быть близок к ожидаемому значению pH образца, т. е. это пакетик красный с pH 4,01; последним буфером является синий пакетик с pH 9,18. Все 3 буфера размещаются в дистиллированной воде в объеме 250 мл.



Фото 3. Буферы для калибровки pH-метра

После калибровки наливаем нашу среду 9К с бактериями и смотрим на показанные результаты (как мы знаем, рН должна быть в диапазоне 1–2.5)



Фото 4. Измерение рН с помощью рН-метра

Если же добавить немного больше нужного серной кислоты, то мы можем наблюдать за понижением рН, т.е. идет подкисление среды.



Фото 5. Подкисление среды при добавлении 5 мл серной кислоты

Как уже отмечалось в подтеме «1.6.1 Состав среды 9К», я приготовила среду 9К. Подробный состав уже есть в подтеме, как и фотографии питательной среды, поэтому я покажу химические вещества.



Фото 6. Слева на право: железо (3) серноокисное 7-водное; калий фосфорнокислый; аммоний серноокислый; калий хлористый; магний серноокислый 7-водный

В таблице 5 показано влияние и зависимость численности бактерий 1см² на параметры.

Дата (сутки)	O ₂	ОВП	Количество млн в см ²
1	3.4	423	5
2	3.7	450	5
3	4.5	455	6
4	5.1	510	7
5	6.3	600	10
6	7.1	620	15
7	8.2	660	25

Таблица 7. Зависимость количества бактерий на O₂, ОВП и время продолжительности

Для адаптации бактерий мы в начале понемногу добавляли руду, в моем случае это была урановая руда, (сразу нельзя использовать раствор, так как бактерии не адаптированы к другим рН, температурам и т. д.), постепенно увеличивая концентрации.

Также для того, чтобы узнать количество бактерий в питательной среде нужно было прокрутить их на центрифуге. Мы брали среду 9К с микроорганизмами в количестве 1 литра и прокручивали на центрифуге. Обычно концентрация бактерий должна поддерживаться в районе 10⁶ - 10⁸ клеток/мл.



Фото 7. Центрифуга на 4000 об/мин (6 пробирок по 20 мл)



Фото 8. Залитая питательная среда 9К с бактериями в пробирку



Фото 9. После прокручивания на центрифуге

На фото 9 хорошо видно, что после прокручивания на центрифуге появляется осадок. Этот самый осадок – бактерии, оседающие на дно пробирок. Прокручивание на центрифуге занимало около 10 минут, затем содержимое пробирки сливается и взвешивается (до этого надо взвешать сухую пробирку).



Фото 10. Первая пробирка – сухая, вторая – с осажденными бактериями

Дни	1 пр	2 пр	3 пр	4 пр	5 пр	6 пр	Σ г/л
1	0,08	0,14	0,11	0,14	0,22	0,37	1,06
3	0,22	0,15	0,23	0,19	0,30	0,37	1,46
5	0,35	0,23	0,19	0,37	0,44	0,50	2,08
7	0,58	0,42	0,45	0,44	0,62	0,76	3,27
10	0,85	0,80	0,76	0,87	0,76	0,96	5,00

Таблица 8. Измерения концентрации бактерий в течение 10 дней

Также в нашей работе мы использовали спектрофотометр Spekol 2000 (фото 11). Мы проводили спектрофотометрический анализ. Ниже будут результаты анализа (таблица 9).



Фото 11. Спектрофотометр

Параметры	Ед. измерения	1 д	3д	5д	7д	10д
Конц. урана		0,05	0,15	0,23	0,28	0,35
Конц. Fe^{3+}	г/л	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2
Конц. Fe^{2+}	г/л	2,7	2,5	2,0	1,7	1,5
Бактерии	г/л	1,06	1,49	2,08	3,27	5,00
Конц. SO_4^{2-}	г/л	0,12	0,16	0,20	0,24	0,30
Оптическая плотность		0,2	0,3	0,4	0,5	0,7
рН раствора		2,05	2,00	2,15	2,12	2,15

Таблица 9. Результаты спектрофотометрического анализа на протяжении 10 дней

Также стоит написать про РФА-анализ. Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) нужен для метода исследования вещества с целью получения его элементарного состава. Пример этого анализа представлен на фото 12 и на таблице 10 представлены некоторые результаты анализа проб.



Фото 12. Номер пробы урановой руды и результат анализа

	2306181		2306182		2306183		2306184		2306187		2306188	
Ti	0,43	0,58	0,34	0,31	0,19	0,2	0,24	0,22	0,14	<0,07	0,23	0,29
V	<0,05	<0,05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,03	<0,03	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Mn	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03
Fe	2,89	2,74	1,47	1,49	1,33	1,42	1,2	1,18	1,07	1,07	2,2	2,24
Cu	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pb	<0,03	<0,03	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,03
Cr	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03
Co	<0,06	<0,05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,05	<0,05
Ni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
As	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0	<0,01	0	<0,01	<0,01	<0,01
Zr	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mo	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Rh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pd	<0,11	<0,11	<0,11	<0,10	<0,10	<0,11	<0,10	<0,11	<0,10	<0,11	<0,11	<0,11
Ag	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,12	<0,13	<0,12	<0,13	<0,13	<0,13
Cd	<0,12	<0,12	<0,12	<0,11	<0,12	<0,12	<0,11	<0,12	<0,11	<0,12	<0,12	<0,12
Sn	<0,19	<0,18	<0,17	<0,18	<0,17	<0,18	<0,16	<0,18	<0,16	<0,18	<0,18	<0,18
Sb	<0,23	<0,21	<0,22	<0,20	<0,21	<0,21	<0,20	<0,22	<0,21	<0,22	<0,22	<0,22
W	<0,06	<0,05	<0,05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,05	<0,04	<0,05	<0,05	<0,04
Pt	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01	<0,02
Au	<0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03	<0,02
Bi	<0,03	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,02

Таблица 10. Результаты РФА твердых веществ

Биовыщелачивание проводили в сорбционной колонне. Для орошения использовали биомассу в объеме 5 литров с содержанием 5 г/л бактерий при рН раствора 1–2,5.



Фото 13. Сорбционная колонна

Содержание урана в продуктивном растворе зависит от времени активации выщелачивающего раствора и времени выщелачивания. Например, с изменением времени выщелачивания до 5 минут, активация раствора в течение 3 минут приводит к повышению содержания урана в продуктивном растворе на 10%, при 5 минутах - на 21% и при 10 минутах – на 18%. Т. к. раствор закачивается через скважины, то продуктивный раствор (ПР) выходит только через 15–30 суток.

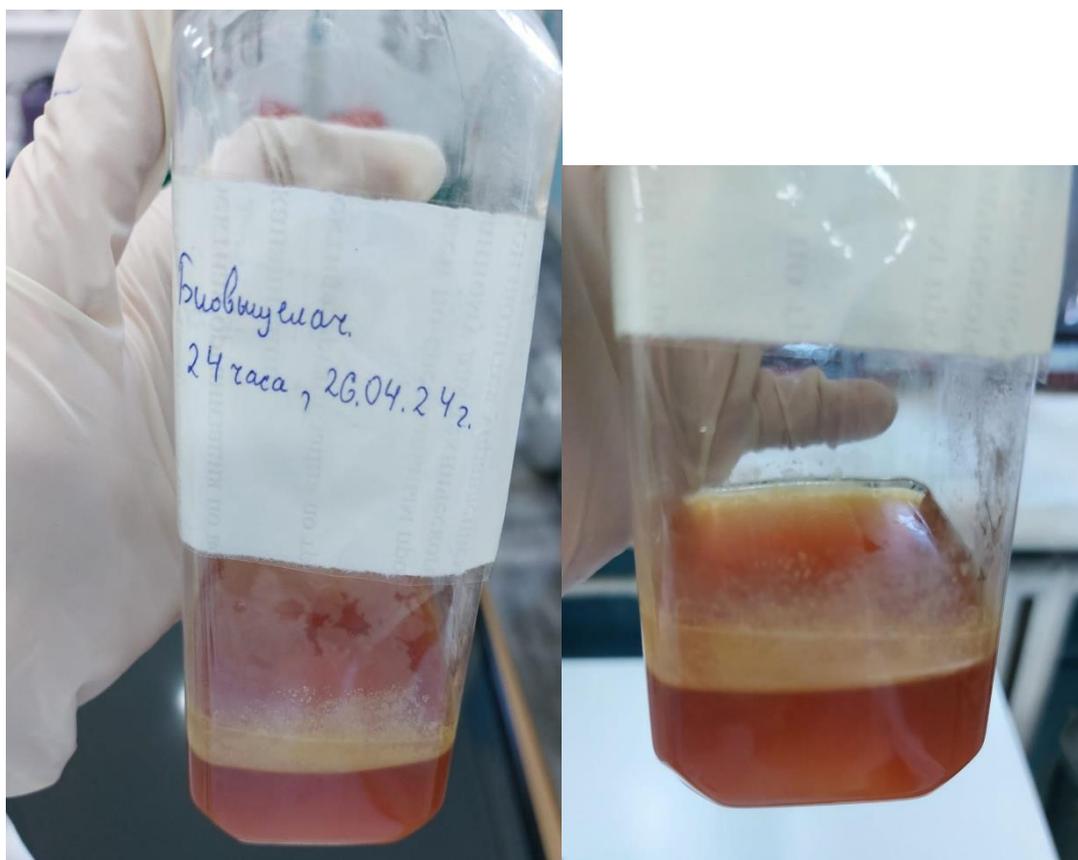


Фото 14. Биовыщелачивание 24 часа

Содержание двухвалентного железа в выщелачиваемом растворе было около 2,7 г/л. После активизации двухвалентного железа стало 1,2 г/л, а трехвалентного железа около 1,5 г/л. Это было основной целью работы.

3 Экономическая часть

Подземное выщелачивание исключает ряд дорогостоящих и трудоемких процессов: очистную выемку и транспортировку руды на большие расстояния, обогащение руды на фабриках, хранение отходов производства в специальных шламохранилищах и другое. Также способ подземного выщелачивания практически полностью избавляет человека от тяжелого труда под землей, представляя технологический процесс с более высокой культурой производства. Анализируя, мы понимаем, что подземное выщелачивание очень выгодно экономически, т. к. нет затрат на оборудование для перевозок, дробления и т. п. Также подземное выщелачивание экономически выгодно и по части бактерий и реагентов, людской силы. Так как процесс более «автоматизирован», то нанимать большое количество людей не имеет смысла. По части бактерий и реагентов для продуктивного раствора тоже имеется много преимуществ. Надо выделить основные преимущества ПСВ:

- Сокращение капиталовложений, нет нужды в строительстве вследствие отсутствия сооружений, требующие добычу, транспортировку, переработку руды. За счет этого сокращается не только капиталовложение на оборудование, но и на транспорт;
- ПСВ обеспечивает безлюдную, безмашинную и поточной технологии.

Применение ПСВ создает благоприятные условия для рабочих; •

Применение ПСВ повышает производительность труда за счет сокращения времени над рядом процессов;

- Высокая степень извлечения урана от 80 до 90 %;
- Возможно отработать месторождения;
- Сокращение времени выщелачивания из-за отсутствия дорогостоящих, дорогих и опасных подземных работ. Их заменяет бурение скважин с поверхности, откуда потом вкачивают раствор; • Практически полная автоматизация; • Относительная дешевизна кислот.

В целом, экономика процесса ПСВ определяется количеством операций и их стоимостью.

Расчетные данные: курс 450 тг/\$, стоимость электроэнергии 37,5 тг/кВтч, стоимость U = 150 \$/кг.

№	Наименование	Ед.измерения	Кол-во	Тенге	Доллар
Показатели работы Локальной установки					
1	Производительность по объему раствора в час	м3/ч	70		
2	Затраты на проект БОЖ 5–6 этап по договору	тенге	1	52 503 000	123340
Прогнозный расчет в минимальном варианте и по данным опытных испытаний					
3	Текущее содержание U в продуктивном растворе на блоке активного выщелачивания	мг/л	30		

4	Планируемое увеличение содержания U в продуктивном растворе за счет биоактивации на 30%	мг/л	39		
5	Дополнительно полученный U по проекту за 90 суток (квартал)	кг/квартал	91854000	91 854 000	204120

Таблица 11. Расчет эффективности локальной установки БОЖ 5–6 этап производительностью 70 м3/час

Общие затраты на проект составили 52,5 млн тенге. Стоимость дополнительного урана, полученного за счет биоактивации 91 млн тенге.

4 Экологические аспекты

Мировой опыт подтверждает, что внедрение экологических принципов во все сферы социально-экономической системы любого государства играет ключевую роль в успешном решении проблем окружающей среды и предотвращении экологических катастроф. Экологическая безопасность, как неотъемлемая часть национальной безопасности, становится необходимым условием для обеспечения устойчивого развития и является фундаментом для сохранения природных экосистем и обеспечения высокого качества окружающей среды. Интеграция экологических аспектов в экономические и социальные стратегии государства способствует созданию более эффективной и устойчивой модели развития.

4.1 Оценка влияния на окружающую среду

Основными источниками негативного воздействия на атмосферный воздух являются компрессор, буровые, погрузочно-разгрузочные работы при выемке грунта, пыление инертных материалов, склад временного хранения ППС, приготовление цементного и бурового раствора, лакокрасочные работы, сварка и резка металла, сварка полиэтиленовых труб и др. На этапе эксплуатации геотехнологического поля, в связи с тем, что участок состоит только из системы закачных и откачных скважин, а также магистральных трубопроводов для перекачки растворов, которые предполагают

герметичность и отсутствие утечек, выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от них отсутствуют.

На период строительства геотехнологического поля предполагается образование отходов производства и потребления, их можно поделить на категории:

- 1) Опасные отходы: отходы покрасочных материалов (ЛКМ), промасленная ветошь, отработанные масла, батареи свинцовых аккумуляторов.
- 2) К неопасным отходам относят: полиэтиленовая стружка, огарки сварочных электродов, отходы изоляции битума, отработанные СИЗ, твердо-бытовые отходы (ТБО), строительные отходы, бумажные отходы, буровой шлам.

Основное воздействие на окружающую среду оказывается через сбросы, выбросы и отходы при выполнении следующих видов деятельности:

- Подготовительные работы на буровой площадке;
- Непосредственно буровые работы;
- Демонтаж бурового агрегата.

Техногенные изменения геологической среды при ПСВ происходят в результате подачи в рудоносный слой растворы кислот или щелочей. В областях прямого техногенного воздействия в зависимости от мощности рудоносного слоя происходит полное или частичное замещение природных вод этими растворами. В результате формируются техногенные воды сложного химического состава, отличающиеся от природных.

Способ подземного выщелачивания урановых руд можно охарактеризовать рядом особенностей:

- операции осуществляются на месте залегания руды без горных работ. Использование ПСВ практически не вносит механических нарушений и повреждений поверхности и недр;
- Любой процесс ПСВ, будь он карбонатным или кислотным, вносит изменение в природный состав подземных вод в областях выщелачивания.

Это вызывает минерализацию в несколько десятков раз;

- Процесс ПСВ осуществляется в безотходном замкнутом цикле, который основан на балансе между объемами закачных и откачных растворов;
- Нарушения при ПСВ имеют крайне пространственное ограничение, и многие носят лишь временный характер.

Факт плохого растворения богатых руд отмечается в отчетах по детальной разведке большинства месторождений пласто-инфильтрационного типа.

Наиболее благоприятным для вскрытия являются руды с содержанием урана > 0,05 %. Наименее благоприятными для выщелачивания будут руды с содержанием урана > 0,5 %. В блоках с высокой продуктивностью металла, на

отработку которых требуется в несколько раз больший объем растворов, концентрация выщелачивающих растворов и интенсивность откачки должны быть больше по сравнению с обрабатываемыми бедными участками. По геофизическим данным можно оценить долю запасов, которая приходится на руды с различными содержаниями урана. Если доля запасов на вскрываемом участке с малым содержанием урана значительно превышает долю запасов с большим содержанием, то руды на этом участке будут благоприятны для выщелачивания. И наоборот руды, в которых доля запасов с большим содержанием урана увеличена, можно отнести к «упорным», плохо выщелачиваемым рудам.

Уран присутствует в организме любого человека, в среднем 90 миллиграммов. Больше всего урана содержится в костях – до 66%; печени – до 16% и в почках – до 8%. При попадании в организм человека оказывает губительные последствия. Так как уран — это тяжелый металл, который обладает токсическим и радиационным воздействием (излучает альфа-частицы) то он может пагубно влиять на здоровье людей, работающих непосредственно на предприятиях. Уран поражает все органы и ткани, попадая в кровеносную систему уран образует малорастворимые фосфаты, которые откладываются в костях. Однако уран быстро выводится из организма (в среднем в течение суток). Надо знать, что особый вклад в негативное воздействие вносит не так сам уран, как образующиеся при распаде радиоактивные продукты, такие как радон, радий. Для людей, работающих на производстве с ураном и урановыми рудами, можно выделить следующие заболевания, если человек пренебрегал правилами безопасности и ношению СИЗ:

1. Рак легких – уран и его изотопы могут излучать радиацию, что может привести к воздействию на клетки организма человека, которые могут спровоцировать рак легких.
2. Пневмокониоз – это группа заболеваний легких, оно вызвано длительным вдыханием различных частиц, пыли и т.д.
3. Эмфизема – это хроническое заболевание легких. Оно разрушает стенки альвеол, тем самым приводя к утрате «упругости» легких и ухудшению обмена газов в организме.
4. Лучевая болезнь – заболевание, вызываемая радиоактивным излучением. При лучевой болезни поражаются практически все органы и системы: кровеносная система, провоцирующая анемию; нервная система, кожная и эндокринные системы, а также легочные заболевания. Одним из ярких представителей лучевой болезни являются ученые, открывшие такой элемент как радий – Пьер и Мария Кюри.

4.2 Охрана окружающей среды и техника безопасности процесса

Основные мероприятия по эффективному использованию водных ресурсов для добычи урана на месторождении "Семизбай" включают в себя следующее: внедрение системы полного цикла водоснабжения при подземном выщелачивании руд; контроль расхода воды на технические нужды и регулирование сточных вод в процессе производства. Для предотвращения загрязнения подземных и поверхностных вод на добычной территории предусмотрен комплекс профилактических мер: регулярное тестирование напорных трубопроводов для предотвращения утечек технологических растворов; применение кислотостойких материалов в технологическом процессе; цементирование затрубного пространства на уровне первого водоносного горизонта, а также заделка скважин после завершения их эксплуатации на всей глубине бурения.

Для уменьшения влияния оборудования и работ при сооружении скважин на состояние атмосферного воздуха, сокращения объемов выбросов загрязняющих веществ, снижения их приземных концентраций и предотвращения сверхнормативных и аварийных выбросов вредных веществ в атмосферу предусматривается комплекс мероприятий. Мероприятием по охране атмосферного воздуха является комплекс технологических, технических, организационных, социальных и экономических мер, направленных на охрану атмосферного воздуха и улучшение его качества.

При работах на скважине каждый работник оснащается СИЗ:

- специальными очками для работ на скважине;
- касками, защищающими голову от ушибов, падающих предметов, кусков породы, воды, от поражения электрическим током, загрязнения;
- специальной обувью, для защиты ног от скольжения, механических и температурных воздействии, электрического тока, вибраций;
- перчатки для рук, в основном резиновые;
- респираторы. Заболевания органов дыхания, вызываемые радиоактивными газообразными изотопами при добыче урановых руд, являются одной из экологических проблем. При подземном выщелачивании людям необходимо применять СИЗ. В Казахстане активно применяют такие респираторы как «Лепесток-200», «ППР-1» и другие. Такой респиратор как «ППР-1» является противорадиационным и наружный слой пропитан раствором катализатора «Мухамеджан-1».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении стоит описать ключевые идеи и гипотезы дипломной работы по подземному выщелачиванию урановой руды, а также написать выводы.

Уран находится в рудоносном теле глубоко под землей, где нет достаточных условий для жизнедеятельности железобактерий. Для успешной реализации проводят биоактивацию выщелачивающего раствора, который затем поступает под землю через закачные скважины. Суть биоактивации – это перевести двухвалентное железо в трехвалентное, где бактерии будут выступать в роли катализатора окисления двухвалентного железа. Раствор аэрируют воздухом, где присутствует кислород. Этот кислород и является конечным окислителем железа. Трехвалентное железо, попадая под землю, окисляет четырехвалентный уран до растворимого состояния, т. е. до шестивалентного.

Сутью ПСВ является растворение урана в рудном теле, затем уже растворенный уран откачивается из скважин в виде продуктивного раствора и выносится на поверхность, где его сорбируют из этого раствора. Содержание двухвалентного железа в выщелачиваемом растворе было около 2,7 г/л. После активизации двухвалентного железа стало 1,2 г/л, а трехвалентного железа около 1,5 г/л. Это было основной целью работы. Проведенные работы содержат также аналитические обзоры литературных данных, связанных с исследованием бактерий, приготовлении среды 9К для последующей культивации бактерий с наращиванием биомассы в реакторе объемом 5 литров. Были также произведены исследования по выделению наработанной биомассы из раствора на центрифуге. Проведенные работы были использованы для расчетов по модернизации установок бактериального окисления железа (БОЖ-1 и БОЖ-2) на руднике Семизбай.

Сокращения и термины

ПР – продуктивный раствор

ТВ – товарный десорбат, раствор с содержанием урана (уранового концентрата), полученный при десорбции урана из ионита.

ОВП – окислительно-восстановительный потенциал. E_h , мера химической активности элементов или их соединений в обратимых химических процессах, связанных с изменением заряда ионов в растворах, или, проще, мера активности электронов в окислительно-восстановительных реакциях.

Отношение Ж:Т - количество выщелачивающего раствора (Ж), приходящегося на единицу выщелачиваемой рудной массы (Т) при заданной степени извлечения.

ВР - выщелачивающий раствор

МС – маточник сорбции

ТУЗ – технический узел закисления

УРВР – узел распределения ВР

УППР – узел приема ПР

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Крупные месторождения урана в Казахстане. Инфографика
Источник: <https://lsm.kz/krupnye-mestorozhdeniya-urana-v-kazahstane-infografika>
- 2 Источник:
<http://novaera.kz/%C2%AB%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%D0%B8%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F%C2%BB%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0.html>
- 3 Проект разработки месторождения урана Семизбай
https://www.gov.kz/uploads/2023/5/3/526045149561d42ee0185b2b06fc3a8d_original.9819857.pdf
- 4 <https://365info.kz/2018/09/uran-dorozhaet-cto-vyigraet-kazahstan-ekonomist>
- 5 Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. «Общий курс геофизических исследований скважин»; г. Москва, 1984 г
- 6 Инструкция по гамма-каротажу при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана, г.Алматы, НАК «Казатомпром», 2003г
- 7 Сейдель, Д.К. Ядерный топливный цикл / Д.К. Сейдель. – Бюллетень МАГАТЭ. -Т.23. -№2.
- 8 ГОСТ Р 59932–2021. Объекты добычи урана методами скважинного подземного и кучного выщелачивания
<https://gostassistant.ru/doc/ff3b1ccb-3623-46b1-b095-0e110799f294>
- 9 Статья «Acidithiobacillus ferrooxidans metabolism: from genome sequence to industrial applications»
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2621215/>
- 10 Отчет о возможных воздействиях к плану горных работ разработки хромовых руд в границах участка «Удар» Кемпирсайской площади вблизи поселка Бадамша Каргалинского района Актюбинской области
https://www.gov.kz/uploads/2024/1/4/50b0a9e1b8007577783fde89c060f029_original.11245155.pdf
- 11 Проект разработки месторождения урана Семизбай, г. Алматы, ТОО «Семизбай», 2023 г
<file:///C:/Users/Admin/Downloads/%D0%9E%D0%92%D0%9E%D0%A1%20%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%B1%D0%B0%D0%B9-U.pdf>
- 12 Закон Республики Казахстан от 28 февраля 2004 года № 528- II «О безопасности и охране труда» (с изменениями и дополнениями от 29.12.06 года)

- 13 Программа ПЭК для месторождения «Семизбай» ТОО «Семизбай-У» на 2023-2032 года, г. Астана, 2023 г
file:///C:/Users/Admin/Downloads/%D0%9F%D0%AD%D0%9A_%D0%A2%D0%9E%D0%9E%20%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%B1%D0%B0%D0%B9.pdf
- 14 Турысбекова Г.С., Бектай Е.К., Меретуков М.А., Бектаев М.Е. Монография «Гидрометаллургия урана», Алматы, 2020, КазННТУ, 264 стр
- 15 Бектай Е.К., Турысбекова Г.С., Алтынбек А.Д., Шидерин Б.Н. Монография «Геохимия урана», Алматы, 2020, КазННТУ, 417 стр
- 16 Каневский Е. А., Филиппов А. П., Вельматкин М. И. Оптимальная область рН при сернокислотном растворении двуокиси урана с участием различных окислителей и ионов Ре (II). — Радиохимия, 1963, т. 5, вып. 6.
- 17 Данчев В. И., Стрелянов Н. П. Стадийность рудообразования и классификация урановых месторождений. — Геология рудных месторождений, 1976
- 18 Добыча урана методом подземного выщелачивания. Под редакцией В. А. Маилова 1980, 248 с.
- 19 Антропов П. Я., Евсеева Л. С., Полуаршинов Г. П. Месторождения урана в осадочных породах депрессий. — Сов. геология, 1977
- 20 Бахуров В. Г., Вечеркин С. Г., Луценко И. К. Подземное выщелачивание урановых руд. М., Атомиздат, 1969.
- 21 Белецкий В. И., Садыков Р. Х., Бахуров В. Г. Об изменении фильтрационных свойств пород при подземном выщелачивании урана раствором серной кислоты. — Атомная энергия, 1971, т. 31, вып. 5
- 22 Велицкий А. С., Орлова Е. Н. Охрана подземных вод от радиоактивных загрязнений. М., Недра, 1977.
- 23 Блинова Н. И., Кожина И. И., Родионова Л. Л., Солнцев В. М. Растворение некоторых окислов урана в серной кислоте. — Радиохимия, 1973, т. 15, вып. 3.
- 24 Грома Б. В. Введение в технологию урана. М., Моск. хим.-технол. инт им. Д. И. Менделеева, 1972
- 25 Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. СТ КазННТУ – 09–2017.
Издание официальное.

Приложение А

6 - 7 июня 2024

СЕРТИФИКАТ

за участие в номинации

Дипломная работа года

награждается

Булгучева Дана Мухаметовна



GOLDEN
HEPHAESTUS



Генеральный партнер



Организаторы



Министерство промышленности и
строительства Республики Казахстан



РЕЦЕНЗИЯ

на Дипломный проект
(наименование вида работы)

Булгучева Дана Мухаметовна
(Ф.И.О. обучающегося)

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия
(шифр и наименование ОП)

На тему: Биогеотехнология в подземном выщелачивании урановых руд

Выполнено:

- а) графическая часть на 19 листах
б) пояснительная записка на _____ страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа посвящена исследованию биогеотехнологий, применяемых в процессе подземного выщелачивания урановых руд. В условиях постоянного поиска эффективных и экологически безопасных методов добычи урана, выбранная тема представляется весьма актуальной. Автором рассмотрены современные методы подземного выщелачивания урановых руд и предложены усовершенствования с использованием биогеотехнологий. Работа логично структурирована и включает введение, обзор литературы, описание методики исследования, результаты и их обсуждение, выводы и рекомендации. Введение чётко обосновывает актуальность темы и формулирует цель и задачи исследования. В литературном обзоре представлен исчерпывающий анализ существующих методов и технологий, что свидетельствует о глубоком погружении автора в тему. Результаты исследования изложены чётко и последовательно, с использованием графиков, таблиц и диаграмм, что способствует их наглядности и пониманию.

Оценка работы

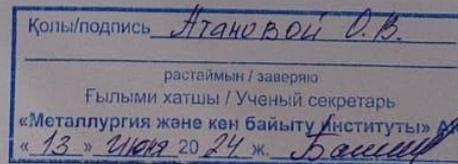
Дипломная работа была разработана в соответствии с нормативами. Работа выполнена отлично и представленные теоритические и практические материалы хорошо излагаются. Оцениваю данную дипломную работу на отлично (95).

Рецензент

канд. техн. наук Атанова О. В. (должность, уч. степень,
звание)

Ф. И.О.

2024 г.



ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на Дипломную работу

Булгучева Дана Мухаметовна

6B05101 Химическая и биохимическая инженерия

На тему: Биогеотехнология в подземном выщелачивании урановых руд

В данной дипломной работе на тему: «Биогеотехнология в подземном выщелачивании урановых руд», Булгучева Дана произвела работу по подготовке питательной среды 9 К, работа на центрифуге, поиск графического и теоритического материала, а также исследование возможных экологических проблем и экономических показателей.

В дипломной работе представлена актуальная литература, научные статьи и нормативные документы, что говорит о том, что студент прекрасно изучил тему и данные в дипломной работе являются актуальными. В дипломной работе очень грамотно и развернуто написана экспериментальная часть. Булгучева Дана полностью соответствовала условиям оформления.

Автор очень грамотно рассмотрела Семизбайское месторождение, которое на данный момент является одним из важных месторождений урана в Республике Казахстан. Раздел экономики хорошо показывается в таблице, где приведен расчет эффективности локальной установки БОЖ. Экологический обзор также выполнен на высоком уровне, где рассмотрены возможные проблемы и как избежать их.

В целом, работа содержит необходимый уровень инженерной подготовки и хорошей подготовки как теоритической, так и практической.

Оценка работы

Дипломная работа выполнена на уровне, достаточном для получения квалификации «бакалавр» с оценкой отлично (95).

Научный руководитель

Канд. тех. наук, ассоц. проф


Турысбекова Г. С.

(подпись)

« ___ » _____ 2024 г.

Метаданные

Название
Биогеотехнология в подземном выщелачивании урановых руд

Автор
Булгучева Дана Мухаметовна Научный руководитель / Эксперт
Гаухар Турысбекова

Подразделение
ИГиНГД

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		3
Интервалы		0
Микропробелы		2
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)	a	100

Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках. Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



9450

Количество слов



70881

Количество символов

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	ЦВЕТ ТЕКСТА
1	http://net.knigi-x.ru/24raznoe/481239-4-dobicha-urana-metodom-podzemnogo-vyshchelachivaniya-pod-redakciey-mamilova-udk-622775-udk-622775-dobicha-urana.php	92	0.97 %
2	http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-instrukciya-metodicheskie-rekomendacii-podzemnomu-skvazhinomu-vyshchelachivani.pdf	86	0.91 %
3	https://patents.google.com/patent/RU2653400C2/ru	85	0.90 %
4	https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SHAGALOV/KNU/2017/Tab2/%D0%97%D1%8B%D1%89%D0%B5%D0%BB%D0%B0%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5.rpt	52	0.55 %

5	http://net.knigi-x.ru/24raznoe/481239-4-dobicha-urana-metodom-podzemnogo-vischelachivaniya-pod-redakciey-mamilova-udk-622775-udk-622775-dobicha-urana.php	50	0.53 %
6	https://official.satbayev.university/download/document/Phd/24189/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F.pdf	49	0.52 %
7	http://net.knigi-x.ru/24raznoe/481239-4-dobicha-urana-metodom-podzemnogo-vischelachivaniya-pod-redakciey-mamilova-udk-622775-udk-622775-dobicha-urana.php	48	0.51 %
8	https://90zavod.ru/raznoe/urana-zalezhi-uranovaya-ruda-svoystva-primenenie-dobycha.html	39	0.41 %
9	https://ojs.semanticscholar.org/4496/2c05a1a6f544ee25ce44101db85faf5726b4.pdf	30	0.32 %
10	http://book.lib-i.ru/25ekonomika/882875-1-annotaciya-diplomny-proekt-posvyaschen-ohrane-uluchsheniy-usloviy-truda-modulnom-komplekse.php	27	0.29 %

из базы данных RefBooks (0.11 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
Источник: Paperity			
1	EFFECT OF pH, MINING TAILINGS CONCENTRATION AND CULTURE MEDIUM ON THE PERFORMANCE OF POLYMETALLIC BIOLEACHING AT FLASK LEVEL David Enrique Zazueta-Álvarez, Hiram Medrano-Roldán, Damián Reyes-Jáquez, Cuauhtémoc Ulises Moreno-Medina, María Dolores Josefina Rodríguez-Rosales;	10 (1)	0.11 %

из домашней базы данных (1.22 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Оценка воздействия на окружающую среду при проектировании промышленных объектов предприятия уранового производства 5/17/2017 Satbayev University (И_И_В_Т)	48 (5)	0.51 %
2	Исследование биохимического способа выщелачивания золота из техногенного минерального сырья с использованием хемолитотрофных микроорганизмов 5/26/2017 Satbayev University (И_И_В_Т)	40 (3)	0.42 %
3	Диссертация Хайруллаева Н.Б..docx 10/26/2021 Satbayev University (ИГиНГД)	16 (1)	0.17 %
4	Проект по подземно скважинному выщелачивание урана на месторождение Центральный Мынкудук.doc 5/4/2019 Satbayev University (Г_М_И)	11 (1)	0.12 %

из программы обмена базами данных (0.19 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Оптимизация технологического процесса добычи урана 6/5/2023 International Engineering Technological University (Биохимическая инженерия)	18 (1)	0.19 %

из интернета (17.29 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
---------------------	--------------	--------------------------------------------	--

ПОЯСНЕНИЯ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на результаты проверки заимствования в системе StrikePlagiarism
на ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Булгучева Дана Мухаметовна

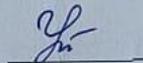
6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Тема: Биогeотехнология в подземном выщелачивании урановых руд

Представленные результаты машиной проверки системы указывает на самозаимствования работ самого выпускника из его предыдущих расчетов в рамках проектного расчета, а также на стандартизированные табличные данные.

В связи с этим рекомендую допустить к защите в силу отсутствия реального и копирования не авторизированных и чужих текстов.

Научный руководитель
Канд. тех. наук, ассоц. профессор
(должность, уч. степень, звание)
(подпись)



Турысбекова Г.С.

«12» _____ июнь _____ 2024 г.

Приложение 2

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился (-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Булуцтева Дана Мухамедовна

Название: Биотехнология в подземеи выислываши уривиз руд

Координатор: Турисбекова Гаухар Сейдахановна

Коэффициент подобия 1: 18,80 %

Коэффициент подобия 2: 7,02 %

Тревога: Ур2

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;

обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы, по существу, и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Литература, представленная в конце дипломной работы не может считаться за плагиат. Такие материалы не считаются нормативные данные, такие как конструкции и схемы, состав питательной среды ДК, технологические процесс стадий на месторождении Силизидан, так как информация, взятая с нормативов, учебов и методических работ не может изменяться, так как может потерять смысл.

«12» июня 20 г.
Дата/м./г.

Турисбекова Т.С.
Подпись Научного руководителя

Приложение 3

Протокол анализа Отчета подобия заведующего кафедрой

Заведующий кафедрой заявляет, что ознакомился (-ась) с Полным отчетом

подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Булуцьева Дача Мухамедовна

Название: Биотехнология в подземею выщелачивании урановых руд

Координатор: Турсибслова Гаузар Сейтжановна

Коэффициент подобия 1: 18,60%

Коэффициент подобия 2: 7,02%

Тревога: Wp2

После анализа Отчета подобия заведующий кафедрой констатирует следующее:

обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;

обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы, по существу, и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

Литература, "взятая" или плагиат, не может или считаться. Также плагиатом не считаются нормативные данные, таблицы или конструкции швабхи, состав литературной среды ЭК, технологический процесс стадий на испарождении Семизбай, так как информация, взятая с нормативов, ГОСТов и методических работ не может изменяться, так как может потерять смысл.

« 12 » июль 20 г.
Дата/м./г.

Шимтова А. А.
Ф.И.О., подпись зав. кафедрой