

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова

Кафедра ГСП и РМПИ

Казанбаев Жанболат Сейтханович

«Геотехнологические особенности сложных участков и  
совершенствование их отработки на примере Северный Харасан»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Специальность 7М07218 – Геология и разведка месторождений твердых  
полезных ископаемых

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева  
Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова

УДК 553.43: 553.536 (574) (043)

На правах рукописи

Казанбаев Жанболат Сейтханович

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**  
**На соискание академической степени магистра**

Название диссертации – Геотехнологические особенности сложных участков  
и совершенствования их отработки на примере  
«Северный Харасан»

Направление подготовки - Специальность 7М07218 – Геология и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых

Доктор PhD лектор  
кафедры ГСПиР МПИ

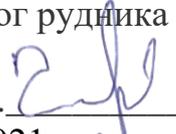
 Байбоз А.Р.

« 28 » марта 2021 г.

Инженер-геолог рудника

«Хорасан-2»

Черикбаев Б.Б.

  
«27» марта 2021 г.

Рецензент, Доктор PhD,  
ст. научный сотрудник  
«Института геологических наук им.  
К.И.Сатпаева»

 Тогизов К.С

« 29 » марта 2021 г.

Нормоконтролер  
канд. геол.-минерал.наук, лектор  
 С.К.Асубаева

«28» марта 2021 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Зав. кафедрой ГСПиР МПИ  
доктор PhD, ассоц.профессор  
 А.А. Бекботаева

« 29 » марта 2021 г.

Алматы 2021

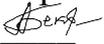
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт геологии, нефти и горного дела имени К.Турысова  
Кафедра геологической съемки, поисков и разведки МПИ  
7M07218- «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой ГСПиРМПИ  
доктор PhD, ассоц.профессор

 А.А. Бекботаева

« 29 » марта 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Казанбаев Жанболат Сейтханович

Тема магистерской диссертации «Геотехнологические особенности сложных участков и совершенствование их отработки на примере Северный Харасан»

Утверждена приказом по университету № 330-М от "11"ноября 2019г

Срок сдачи законченной работы «30» марта 2021 г.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание

а

)  
Изучить) ~~объяснить~~ ~~характер~~ ~~структуру~~ ~~и~~ ~~та~~ ~~информационно-геологическому~~ ~~составу~~ ~~в~~ ~~мещающих~~ ~~пород~~ ~~нефте~~ ~~физическим~~ ~~сервис~~ ~~информационно-геологическим~~ ~~блокам~~ ~~урана~~ ~~и~~ ~~сложных~~ ~~блоков~~;

в) Предложить оптимальные способы отработки для большей извлекаемости руд сложных участков месторождения Северный Харасан расчёт экономической эффективности разработки;

г) приложения.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

а) технологические схемы; б) графики; в) таблицы

Рекомендуемая основная литература:

1 Демехова Ю.В., Ибраева Б.М., Поеджаев И.П., Полиновский К.Д., Горбатенко О.А., Панова Е.Н., Буленова К.Ж., Карманов Е.М., Блынский П.А., Битовт О.А. Геотехнология урана. Алматы: Қазақ университеті, 2017.-328с;

2 Вершков А.Ф. Книга 1. Геологическое строение участка Харасан-2 и Юго-восточного фланга месторождения Северный Харасан. Алматы 2018.стр 45-57.

3 Языков В.Г. и др. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2001. – 442 с

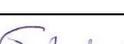
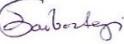
4 Носков М.Д. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания: учебное пособие/ М.Д.Носков.– Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010.-83 с.

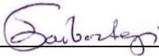
**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

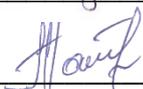
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение	21.10.2020г	
Общие сведения о районе работ	06.11.2020г	
Геологическая характеристика месторождения	07.12.2020г	
Изучение особенности вещественного состава по минералогическому анализам сложных участков Северного Харасана	24.12.2020г	
Выявление характера влияния минералогического состава вмещающих пород на процесс сернокислотного выщелачивания урана	13.01.2021г	
Оптимальные способы отработки для большей извлекаемости руд сложных участков месторождения Северный Харасан.	16.02.2021г	
Основные технико-экономические показатели на отработку опытного блока	17.03.2021г	
Заключение	24.03.2021г	

## Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование раздела	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подп ись
Введение	Байбоз А.Р Доктор PhD лектор кафедры ГСПиР МПИ	21.10.2020г	
Общие сведения о районе работ		06.11.2020г	
Геологическая характеристика месторождения		07.12.2020г	
Изучение особенности вещественного состава по минералогическому анализам сложных участков Северного Харасана		24.12.2020г	
Выявление характера влияния минералогического состава вмещающих пород на процесс сернокислотного выщелачивания урана		13.01.2021г	
Оптимальные способы отработки для большей извлекаемости руд сложных участков месторождения Северный Харасан.		16.02.2021г	
Основные технико-экономические показатели на отработку опытного блока		17.03.2021г	
Заключение		24.03.2021г	
Нормоконтролер	С.К.Асубаева канд. геол.- минерал.наук, лектор кафедры ГСПиР МПИ		

Научный руководитель \_\_\_\_\_  А.Р. Байбоз

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  Ж.С. Казанбаев

Дата « 28 » марта 2021г

## АННОТАЦИЯ

Описана геотехнологические особенности сложных участков месторождения Северный Харасан, подробно изучено геолого-структурная характеристика. Отобран, подготовлен и установлен анализ вещественного состава керновых проб из месторождения Северный Харасан, определены содержания урана, кальция, алюминия, железа, магния и карбонатность в пробах. Методом рентгенофазового анализа установлены и обсуждены особенности минерально-фазовый состав алевритовых и глинистых и карбонатных минералов и влияние на процессы выщелачивания и факторы, влияющие на снижение фильтрационных характеристик продуктивных пластов. Разработана методика совершенствования отработки и проведены экспериментальные опыты в лабораторных условиях по выщелачиванию урана из керновых проб в трубках, где в качестве окислителя в различных режимах кислотности рабочих растворов применяли хлорид железа (III). Описывается новый метод ремонтно-восстановительных работ «Пневмо-импульс»: технология проведения, необходимое оборудование, сравнение с другими методами, результаты применения, экономический эффект.

## АҢДАТПА

Солтүстік Харасан кен орнының күрделі учаскелерінің геотехнологиялық ерекшеліктері сипатталған, геологиялық-құрылымдық сипаттамалары егжей-тегжейлі зерттелген. Солтүстік Харасан кен орнынан Керн сынамаларының заттық құрамына талдау алынды, дайындалды және орнатылды, уран, кальций, алюминий, темір, магний және сынамалардағы карбонаттылық құрамы анықталды. Рентгенофазалық талдау әдісімен алевритті және сазды және карбонатты минералдардың минералды-фазалық құрамының ерекшеліктері, сілтілеу процестеріне әсері және өнімді қабаттардың сүзу сипаттамаларын төмендетуге әсер ететін факторлар анықталды және талқыланды. Өндеуді жетілдіру әдістемесі әзірленді және түтіктердегі негізгі сынамалардан уранды сілтісіздендіру бойынша зертханалық жағдайларда тәжірибелік эксперименттер жүргізілді, онда жұмыс ерітінділерінің қышқылдығының әртүрлі режимдерінде тотықтырғыш ретінде темір (III) хлориді қолданылды. "Пневмо-импульс" жөндеу - қалпына келтіру жұмыстарының жаңа әдісі сипатталады: жүргізу технологиясы, қажетті жабдық, басқа әдістермен салыстыру, қолдану нәтижелері, экономикалық әсері.

## ANNOTATION

The geotechnological features of the complex sections of the North Kharasan field are described, and the geological and structural characteristics are studied in detail. The analysis of the material composition of core samples from the North Kharasan field was selected, prepared and established, the contents of uranium, calcium, aluminum, iron, magnesium and carbonate content in the samples were determined. The features of the mineral-phase composition of siltstone and clay and carbonate minerals and their influence on the leaching processes and factors affecting the reduction of the filtration characteristics of productive layers are determined and discussed by X-ray phase analysis. A method for improving the processing was developed and experimental experiments were conducted in the laboratory for leaching uranium from core samples in tubes, where iron (III) chloride was used as an oxidizer in various modes of acidity of working solutions. A new method of repair and restoration works "Pneumo-pulse" is described: the technology of carrying out, the necessary equipment, comparison with other methods, the results of application, the economic effect.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	11
1 Краткая геологическая и гидрогеологическая характеристика месторождения	13
1.1 Географо-экономические условия проведения работ	13
1.2 Специализированная изученность месторождения и участка Харасан-2	15
1.3 Геологическое строение района месторождения и участка Харасан-2	16
1.4 Геолого-структурная характеристика объекта работ	17
1.5 Стратиграфия	19
1.6 Гидрогеологические условия	21
1.7 Морфологические особенности и характеристика рудных залежей	24
1.8 Вещественный состав руд и вмещающих пород	24
2 Изучение особенности вещественного состава по минералогическому и рентгенофазовым анализам сложных участков месторождения Северный Харасан	27
2.1 Методика проведения работы	27
2.1.1 Фракционирование песков	27
2.1.2 Минералогический анализ	28
2.1.3 Рентгенофазовый анализ (РФА)	28
2.2 Описание минералов, минеральных агрегатов	29
Выводы	33
3 Выявление характера влияния минералогического состава вмещающих пород на процесс сернокислотного выщелачивания урана.	34
3.1 Рентгенофазовое исследование состав кольматанта	35
3.2 Рентгенофазовое исследование состав глинистых минералов	37
3.3 Выводы	39
4 Оптимальные способы отработки для большей извлекаемости руд сложных участков месторождения Северный Харасан.	40
4.1 Лабораторные исследования выщелачивания урана с добавлением хлорида железа	40
4.2 Результаты лабораторных исследований	42
4.3 Выводы	47
5 Борьба с кольматацией скважин в сложных участках месторождения Северный Харасан	48
5.1 Ремонтно-восстановительные работы	49
5.2 Установка промывка скважин	50

5.3	Реагентная обработка скважин	52
5.4	Эрлифтная прокачка	54
5.5	Метод Пневмоимпульс на пласт	54
6	Экспериментальная часть	58
6.1	Применение «Установка химической обработки фильтровой части скважин» для раскольматаций скважин	58
7	Экономическая часть	64
7.1	Эффективность выщелачивания наличия глинистых минералов применением добавления хлорида железа	64
7.2	Количественно-качественный анализ ремонтно-восстановительных работ на участке «Харасан-2» месторождения Северный Харасан	65
	Заключение	68
	Список использованной литературы	70
	Сокращение и условные обозначения	72
	Приложения А	73
	Приложения Б	74

## ВВЕДЕНИЕ

Участок Харасан-2 расположен в южной части месторождения Северный Харасан. Она ограничена с севера южной границей участка Харасан-1, а с юга границей расклинивания продуктивного горизонта. Основными рудоносными месторождениями являются песчаные горизонты Маастрихта, Кампаны и Сантона, а ПСВ урана из породы на месте ее залегания путем введения химического реагента в рудный слой зависит прежде всего от физико-геологической обстановки горного массива, то есть от совокупности ряда параметров, отражающих геологическое строение, гидрогеологические условия, физико-химические свойства горных пород [4].

Технология скважинной добычи урана включает откачку продуктивных растворов (ПР) из эксплуатационных скважин производственного блока, сорбционную экстракцию из растворов, осветление маточного раствора с последующим армированием концентрированной серной кислотой и подачу подкисленного выщелачивающего раствора (ВР) через нагнетательные скважины в рудное тело блока. В то же время выщелачивание является основной операцией подготовки урановой руды к добыче, так как именно оно определяет количество и стоимость конечного продукта. Применение серной кислоты в качестве растворяющего реагента на предприятиях Казахстана обусловлено низкой стоимостью, доступностью и возможностью относительно полного превращения урана в раствор. Однако высокая кинетика взаимодействия серной кислоты с полевыми шпатами и карбонатными минералами рудоносных пород в сложных горно-геологических условиях вызывает седиментацию в виде геохимического барьера, препятствующего процессу выщелачивания [1].

При проектировании разработки месторождений урана скважинным методом проводятся исследования минерального состава руд и вмещающих пород продуктивного горизонта, на основе которых строится карта рудоносности. Основным компонентом вмещающих пород является кварц, содержание которого составляет от 30 до 80% от общего количества минералов в продуктивном горизонте.

**Актуальность проблемы** высокое содержание полевых шпатов и глинистых минералов (>30%) увеличивает образование механической и ионообменной кольматации, которая образуется при переносе растворов потоком в продуктивный горизонт и набухании глин. Содержание карбонатных минералов в рудах 1,5% и более вызывает химические осадки, которые осаждаются при взаимодействии с растворами серной кислоты.

При выщелачивании в рудах с высоким содержанием глинистых минералов нейтрализуется серная кислота, в результате чего значения рН растворов не достигают требуемых параметров (<2,5). Это требует увеличения расхода серной кислоты, электроэнергии, рабочей силы и других эксплуатационных затрат. Для преодоления порога растворимости и достижения требуемой растворимости урана необходимо увеличить период

активного выщелачивания, что приводит к увеличению удельного расхода серной кислоты и увеличению оборачиваемости растворов, что, следовательно, снижает технико-экономические показатели процесса. При проектировании скважинной разработки урановых месторождений и технико-экономическом обосновании планируется изучить минеральный состав руд и вмещающих пород продуктивного горизонта, а также провести экспериментальные работы по выщелачиванию урана из керновых проб в пробирках с использованием растворов серной кислоты с различной кислотностью. С целью изучения эффективности использования окислителя для интенсификации скважинной добычи урана из руд были проведены лабораторные эксперименты по выщелачиванию урана из кернового материала в трубах. Эксперименты включали изучение минералогического состава кернового материала, определение гранулометрического состава рудоносных пород и выщелачивание урана из керна в трубах с использованием растворов со стандартной, высокой кислотностью, а также с добавлением железа (III) в качестве окислителя урана (IV) [2].

При решении задач кольматации скважин прежде всего необходимо определить тип кольматации (кольматантов), образующихся при сернокислотном выщелачивании, и установить минералогический и гранулометрический состав рудоносных пород продуктивного горизонта. Изучение состава осадочных компонентов позволит определить причины, снижающие проницаемость в породе в условиях сернокислотного выщелачивания урана. Определение физико-химических свойств кольматантов необходимо для выбора более эффективных методов восстановления требуемой фильтрации, обеспечивающих повышение производительности и продолжительности бесперебойной работы геотехнологических скважин [1].

**Цель работы.** Установить геотехнологические особенности сложных разрезов Маастрихтских блоков и предложить пути совершенствования их разработки.

**Задачи.** Основными задачами являются:

Изучить особенности состава материала на основе минералогического и рентгенофазового анализа сложных разрезов маастрихтских блоков.

Выявление характера влияния минералогического состава вмещающих пород на процесс сернокислотного выщелачивания урана

Предложить оптимальные методы разработки для повышения извлекаемости руд сложных участков Северо-Харасанского месторождения.

**Личный вклад автора.** Анализ геологических особенностей уранового оруденения на Северо-Харасанском месторождении, сбор статистических данных, обработка данных и подведение итогов с выводами.

# 1 Краткая геологическая и гидрогеологическая характеристика месторождения

## 1.1 Географо-экономические условия проведения работ

Участок Харасан-2 и Юго-Восточная часть месторождения Северный Харасан, расположены на левобережье р. Сырдарьи в пределах листа К-42 масштаба 1:1000000. Площадь месторождения ограничена координатами: 43°44'-43°08' с.ш., 66°45'-66°05' в.д. По административно-территориальному положению месторождение относится к Жанакорганскому району Кызылординской области Республики Казахстан [4].

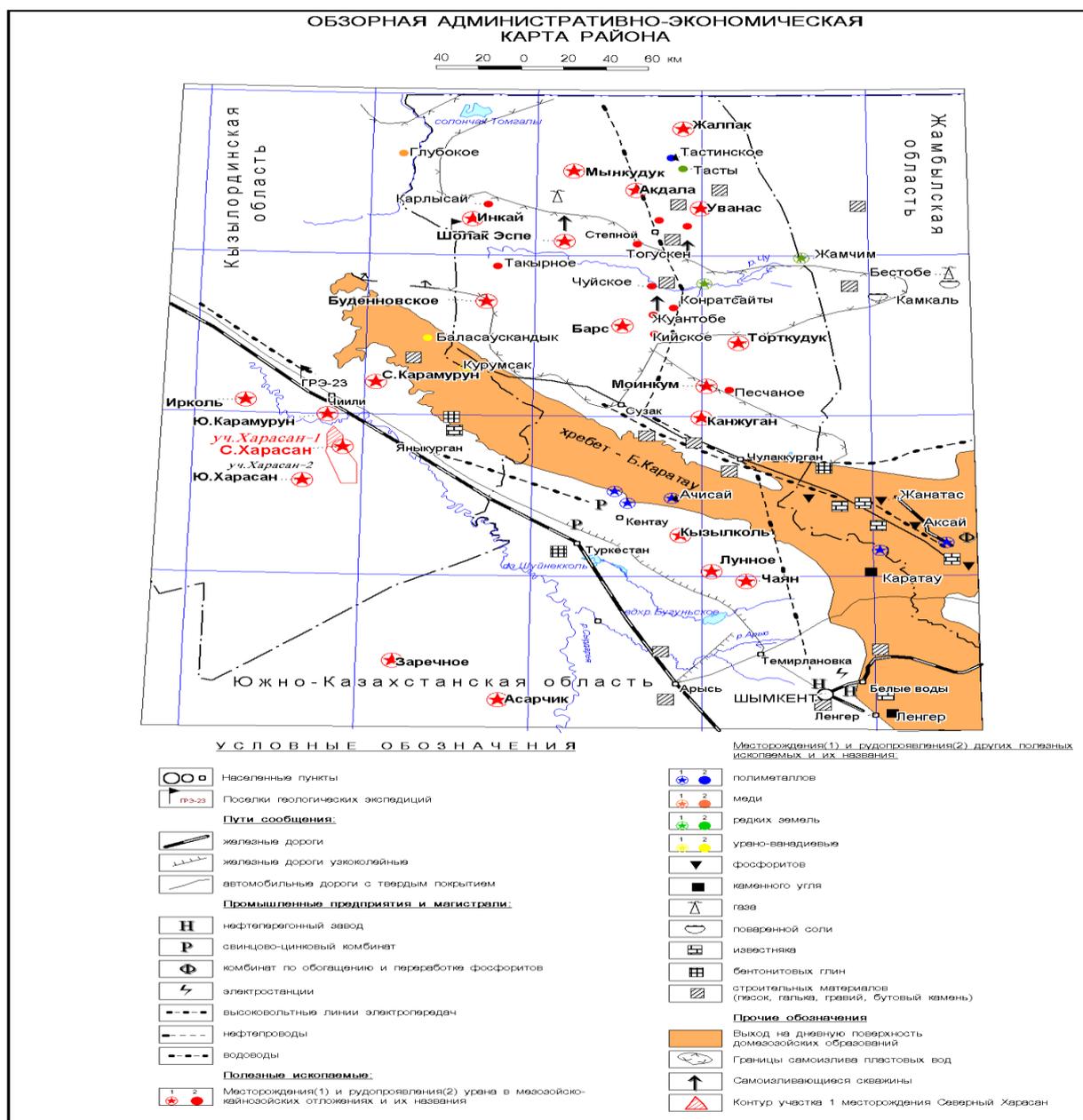


Рисунок 1.1 - Обзорная административно-экономическая карта [4]

Рельеф района работ представляет собой песчаную грядовую открытую равнину с абсолютными отметками 155-185 м, переходящую в северной части в плоскую узкую (0,8-8,0 км) долину реки Сырдарьи. Относительные превышения до 20-30 м.

Климат района резко континентальный. Среднегодовое количество осадков составляет 120-200 мм, большая их часть приходится на весну. Зима с ноября по февраль, с небольшим (до 0,2 м) снежным покровом. Преобладающие температуры днем от -5оС до -10оС, ночью от -12оС до -19оС. В холодные зимы минимальная температура достигает -35оС. Глубина промерзания почвы до 0,3 м. Лето с мая по август. Средняя дневная температура от +25 ° С до +40 ° С, ночная от +17 ° С до +22 ° С. Максимальная температура достигает 48 ° С. Ветры в течение всего года преимущественно северо-восточные, северные, преобладающая скорость ветра 3-5 м / с. В районе работ, как правило, весной, летом и осенью бывают пыльные бури, иногда туманы, ограничивающие видимость до 1 км.

Гидрогеологическая сеть представлена рекой Сырдарьей, которая течет в 25 км к северо-востоку. Паводковый период в реке начинается в последней декаде марта и достигает максимума к концу апреля. Самые высокие уровни приурочены к летним месяцам, когда речной сток максимален. Минимальные уровни наблюдаются в зимние месяцы (январь-февраль). Амплитуда колебаний уровня воды в реке составляет от 3м до 4м.

Территория объекта работ малонаселенная, в районе расположены два сельских поселения - Каргалы с населением 1500 человек и Байкенже с населением около 700 человек. Экономика района определяется в основном животноводством и ирригационным земледелием.

Населенные пункты электрифицированы (линии электропередач-35 кВ) и соединены дорогами с гравийным и асфальтовым покрытием с районными центрами Шиели и Жанакорган.

В районе работ был построен вахтовый городок, соединенный с районным центром Жанакорган новой автомобильной дорогой, построенной компаниями ТОО "Байкен-У" и ТОО "Кызылкум". Связь рабочей зоны с железнодорожными станциями осуществляется автомобильным транспортом.

Важную роль в промышленном освоении района играет добыча урана подземным выщелачиванием на ряде урановых рудных объектов (Северный и Южный Карамурун, Северный Харасан, Иркол). На восточном краю площади разрабатывается Шалкийское полиметаллическое месторождение.

Территория объекта работ расположена в шестибалльной зоне сейсмичности (по шкале Рихтера).

## 1.2 Специализированная изученность месторождения и участка Харасан-2

Начало систематических специализированных работ по урану в этом районе относится к 1979 году. Они были predeterminedены открытием рудоносной полосы Северного и Южного Карамурун-ских месторождений, не оконтуренных с юга. К этому времени доклады Карамурунской партии № 23 и обобщающие работы партии № 3 Краснохолмской экспедиции по Сырдарьинской впадине обозначили и обосновали перспективы района, прилегающего к южному флангу Южно-Карамурунского месторождения на левом берегу Сырдарьи.

На первом этапе буровые поиски проводились на основе специализированного геологического картирования верхнемеловых отложений в масштабе 1:200 000 по сети 12,8×6,4-0,8-0,4 км. В результате были подтверждены перспективы кампанских и маастрихтских месторождений на большой площади, где был нанесен на карту ПО и получено несколько рудных пересечений. Большая протяженность границ заклинивания ЗПО (более 25 км) и связь с ней многоярусного уранового оруденения позволили с полным основанием рассматривать выявленную рудоносную зону как месторождение. Он был назван Харасан, и его масштаб ранее оценивался как большой.

В 1980 и 1982 годах северная часть рудоносной зоны месторождения была обследована в масштабе 1:50 000 с использованием сети 3,2×1,6-0,8-0,2 км. Эти работы выявили еще один рудоносный горизонт – сантонский. Установлена связь урановой минерализации со всеми тремя ЗПО по всей их длине. По бортовому содержанию урана 0,010% в зоне заклинивания каждого из ПО прослеживались рудоносные зоны шириной от 0,2 км до 0,5 км. Их общая протяженность в северной части месторождения составляла около 100 км. В каждой из рудных зон вблизи границ заклинивания ЗПО расположены участки с условным урановым оруденением длиной от 10 км до 12 км и шириной от 200 м до 500 м. В конце этого этапа разведки были определены основные геологические особенности: многоярусный характер развития ПО и уранового оруденения, неоднородность литологического состава и геохимического положения рудоносных месторождений, как следствие, сложная морфология вклинивания ПО в плане и в разрезе.

Учитывая большую протяженность рудоконтрольного ЗПО, разную степень изученности северного и южного флангов, а также физико-географические условия поверхности, в 1982 году было принято решение разделить месторождение на два самостоятельных объекта изучения: Северо-Харасанское и Южно-Харасанское месторождения.

В 1983 году с целью ускоренной подготовки Северо-Харасанского месторождения и разведки в его центральной части было проведено расчетное бурение по сети 1600×1600-800 м, а на пробном участке изучена морфология продуктивных зон. Глубина оруденения на месторождении колеблется от 720

м до 750 м на севере и в центре, до 650 м на юге. Мощность рудных пересечений достигала 6 м при содержании урана от 0,030% до 0,170 %, удельная производительность варьировала от 1 кг/м<sup>2</sup> до 6 кг /м<sup>2</sup>.

Таким образом, к 1984 году Северо-Харасанское месторождение было определено как крупный объект по степени изученности, подготовленной для постановки на нем предварительной разведки.

Предварительная разведка центральной части Северного Харасана проводилась в 1984-1991 годах по сети 400×50 м для выявления запасов С2 и по сети 200×50 м для выявления запасов С1. В то же время в течение 1989-1990 годов северный фланг оценивался поисковыми операциями.

В 1991-1996 годах предварительная разведка продолжалась в центральной части месторождения до прекращения финансирования из государственного бюджета.

В 2005 году в соответствии с генеральным планом развития урановой промышленности Республики Казахстан на Харасанском месторождении были организованы два горнодобывающих предприятия – СП "Кызылкум" и СП "Байкен-У" с долевым участием АО "НАК "Казатомпром", EnergyAsiaLTD и UrAsiaLondonLimited. Соответственно, площадь поля делится на два равномасштабных участка: Харасан-1 и Харасан-2.

### **1.3 Геологическое строение района месторождения и участка Харасан-2**

Харасанское рудное месторождение входит в состав уникального Карамурунского рудного района, входящего в состав Сырдарьинской уранорудной провинции.

Геологическое положение Харасанского рудного поля определяется его положением в основных структурах региона. Это горст-антиклинальное поднятие Большого Каратау и связанная с ним северо-восточная сторона Сырдарьинской впадины. Эти крупные, давние структуры являются доминирующими в формировании геологического облика района. Их влияние подчинено пространственному положению фациальных, литологических и первичных геохимических зон в период накопления верхнемеловых и четвертичных отложений. В меньшей степени они повлияли на осадконакопление палеогеновых и неогеновых формаций.

В геологическом строении геологической зоны Харасанского месторождения выделяются два структурных этажа – метаморфизованные отложения складчатого фундамента и рыхлые образования осадочного чехла. Крышка, в свою очередь, также имеет двухчастную структуру. Нижний ярус сложен платформенными отложениями верхнего мела, палеогена и Нижнего неогена, верхними суброгенными отложениями Верхнего палеоцена и четвертичного периода.

Основание нижнего структурного этажа содержит метаморфические и карбонатно-терригенные образования Нижнего-Среднего протерозоя, кислые

и основные эффузии Верхнего протерозоя, терригенные морские отложения венда. Верхняя часть фундамента представлена карбонатно-кремнистыми образованиями кембрия, флишеидными и терригенными отложениями ордовика, терригенно-моласовыми и карбонатными образованиями девона и нижнего карбона. Интрузии гранитов и граносиенитов, гранодиоритов, диоритов и габбро-диабазов локализованы в докембрийских формациях. В среднем и позднем палеозое многочисленны дайки диоритовых порфиритов, керсантитов, диабазовых порфиритов, сиенитовых порфиров. Породы фундамента подвержены сложным дислокациям: всплескам, толчкам, чехлам, интенсивным складкам.

До-Мезозойский субстрат в районе месторождения залегает на глубинах более 1,5 км и не вскрыт ни одной скважиной.

#### 1.4 Геолого-структурная характеристика объекта работ

Геологическое положение Харасанского рудного поля определяется его положением в основных структурах региона. Это горст-антиклинальное поднятие Большого Каратау и связанная с ним северо-восточная сторона Сырдарьинской впадины (рис. 1.2). Эти крупные, давние структуры являются доминирующими в формировании геологического облика района. Их влияние подчинено пространственному положению фациальных, литологических и первичных геохимических зон в период накопления верхнемеловых и четвертичных отложений. В меньшей степени они повлияли на осадконакопление палеогеновых и неогеновых формаций.

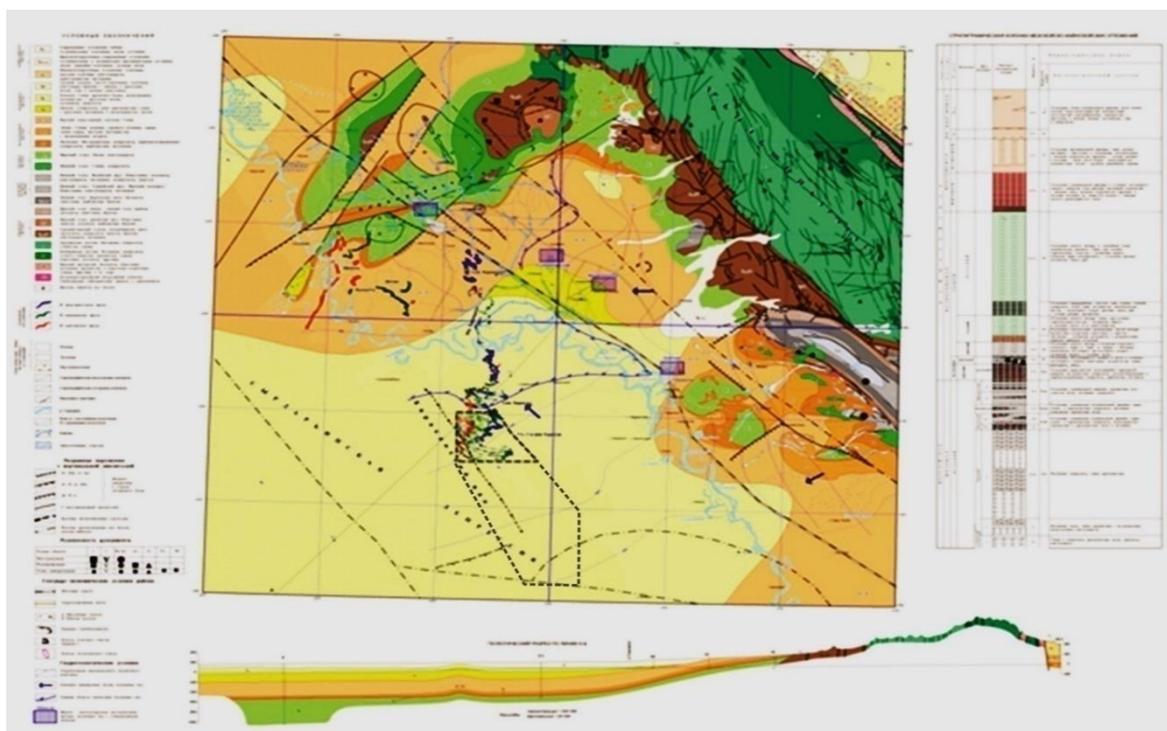


Рисунок 1.3 - Геологическая карта района [4] масштаб:1:100000

В геологическом строении района залежи выделяются два структурных этажа – метаморфизованные отложения складчатого фундамента и рыхлые образования осадочного чехла. Крышка, в свою очередь, также имеет двухчастную структуру. Нижний ярус сложен платформенными отложениями верхнего мела, палеогена и Нижнего неогена, верхними суброгенными отложениями Верхнего палеоцена и четвертичного периода. До-Мезозойский субстрат в районе месторождения залегает на глубинах более 1,5 км и не вскрыт ни одной скважиной [4].

Участок Харасан-2 расположен в южной части месторождения Северный Харасан. С севера она ограничена южной границей участка Харасан-1, а с юга-границей расклинивания продуктивного горизонта. Урановое оруденение датируется верхнемеловым периодом.

Основными рудоносными месторождениями являются песчаные формации маастрихтского и Кампанского ярусов. На западе участка разведка выявила рудные залежи в сантонском слое. Месторождения Конякского и Туронского ярусов, рудоносные на Ирколском месторождении и Актамском, Яныкурганском и Кызылтуйском рудопроявлениях, не были оценены из-за большой (более 750-850 м) глубины залегания.

На юго-восточном фланге месторождения рудные залежи в пределах продуктивных зон представлены пластовидными в разрезе (толщиной до 10 м) и извилистыми, ленточными в плане (неправильной формы) телами длиной до 10 км и шириной 50-600 м. Эти зоны в пределах участка были прослежены разведочными профилями разведочных скважин на сети 3200×1600×100 м, что позволило оценить их прогнозные ресурсы по категории Р1.

На крайнем севере участка, в пределах месторождения № 6, приуроченного к Маастрихтскому этапу, и месторождения № 9, приуроченного к Кампанскому этапу, геологоразведочные работы проводились путем утолщения сети скважин до 200×50 м и 400×50 м соответственно, что позволило рассчитать их запасы по промышленным категориям С1 и С2.

В среднем удельная производительность участка Харасан-2 составляет 4,1-7,3 кг / м<sup>2</sup>, мощность рудных тел-3,4 м, глубина залегания-от 620 до 730 м.

В результате проведенных геологоразведочных работ было установлено, что урановое оруденение приурочено к региональному валковому фронту пластового окисления и, являясь фактически южным продолжением Южно-Карамурунского месторождения, имеет с ним много сходных особенностей. Как уже упоминалось, на участке Харасан-2 месторождения выявлены три рудные зоны в аллювиальных и делювиально-пролювиальных серо-окрашенных проницаемых отложениях верхнесантонского и кампанско-маастрихтского возраста, расположенных на глубинах 600-670 м [4].

Оруденение образует извилистые пояса длиной 3-5 км, шириной 0,2-1,0 км и толщиной 0,5-10,0 м. Форма рудного месторождения в основном пласт-валковая. В мешковатых частях валков толщина руды достигает 11 м, а в

вытянутых, часто прерывистых крыльях обычно 0,5 - 5,0 м. Средняя мощность руды составляет 2-5 м. Рудные пески характеризуются крайне неравномерным распределением гранулометрических классов, как в разрезе, так и в плане. В составе рудных песков преобладают фракции 0,5 - 0,25 мм.

Среднее содержание урана в рудных зонах составляет 0,093 %.

По технологическим свойствам рудные месторождения, представленные разномерными песками с преобладанием средне-и мелкозернистых фракций, характеризуются коэффициентами фильтрации 3-6 м/сут. Минералы урана находятся в мелкодисперсной форме и легко переходят в раствор при обработке слабоконцентрированной серной кислотой.

По сложности геологического строения рудных месторождений месторождение отнесено ко 2-й группе (2а) по квалификации ГКЗ.

### **1.5 Стратиграфия**

Платформенные песчаные отложения сантонского, Кампанского и маастрихтского ярусов верхнего мела являются рудоносными отложениями участка Харасан-2. Нижележащие Коньякский, туронский и сеноманский ярусы в этом районе не изучались из-за большой (800-1000 м) глубины залегания и преобладающих представлений об их низких перспективах на уран. Месторождения Коньяк и Верхний Турон содержат минерализацию на Ирколомском месторождении. Непромышленное оруденение Аккумского и Яныкурганского рудопроявлений связано с нижнетуронским субгоризонтом.

Сантонские, кампанские и маастрихтские отложения, как правило, представляют собой полные трансгрессивные макроциклы, сходные по условиям формирования и осложненные цикличностью более высокого порядка (Рис. 1.3).

В разрезе сантонских отложений наиболее продуктивным для урана является его верхняя пачка толщиной от 20 до 25 м. Их накопление в районе месторождения происходило в двух фациальных зонах – подгорно-веерной и равнинно-долинной. Восточная часть района месторождения характеризуется широким развитием подгорно-веерных скоплений-алевролитов, глинистых песчаников, чередующихся с участками песков, не образующих в плане крупных полей. Отложения характеризуются красной окраской бурого, коричневого цветов, наличием косой стратификации, катунов из алевролитов и глинистых песчаников [4].

В западной части разреза Харасан-2 эта пачка сложена аллювиальными мелкозернистыми до крупнозернистыми сероцветными песками аллювиального комплекса - от русловых до пойменных фациальных зон.

Отложения кампанского слоя на территории участка формировались в условиях преобладающего аллювиального осадконакопления. Для них характерны серые, темно-серые, реже зеленоватые тона, что свидетельствует об относительно высоком содержании органического вещества. Общая вместимость яруса составляет от 16 м до 25 м. Литологический состав разреза

крайне пестрый, однообразный. Некоторые части района характеризуются двухчастной структурой, в то время как другие характеризуются почти полным отсутствием проницаемых песков или переслаиванием песков и алевролитов по всей толщине. В районах значительного типа разреза глинистая кровля аллювиального цикла часто отсутствует и контакт с вышележащими маастрихтскими отложениями проходит внутри песков.

Отложения маастрихтского этапа (общей мощностью от 38 м до 54 м) в обобщенной схеме имеют двухцикловую структуру. Нижний цикл, составляющий третью часть мощности яруса на рабочей площадке, в основном представлен песками серого цвета различной крупности-от мелкозернистых до гравийных. Кровля цикла часто подчеркивается прерывистым слоем алевролитов серого цвета толщиной от 0,5 м до 3,0 м. Верхний маастрихтский цикл простирается на две трети толщины яруса. Он представлен на площади участка в основном красноватыми и пестрыми алевролитами, составляющими верхнюю часть разреза при толщине от 17 м до 20 м. Серые аллювиальные пески различной зернистости (вплоть до гравия) маломощны, не более 1-5 м, или отсутствуют.

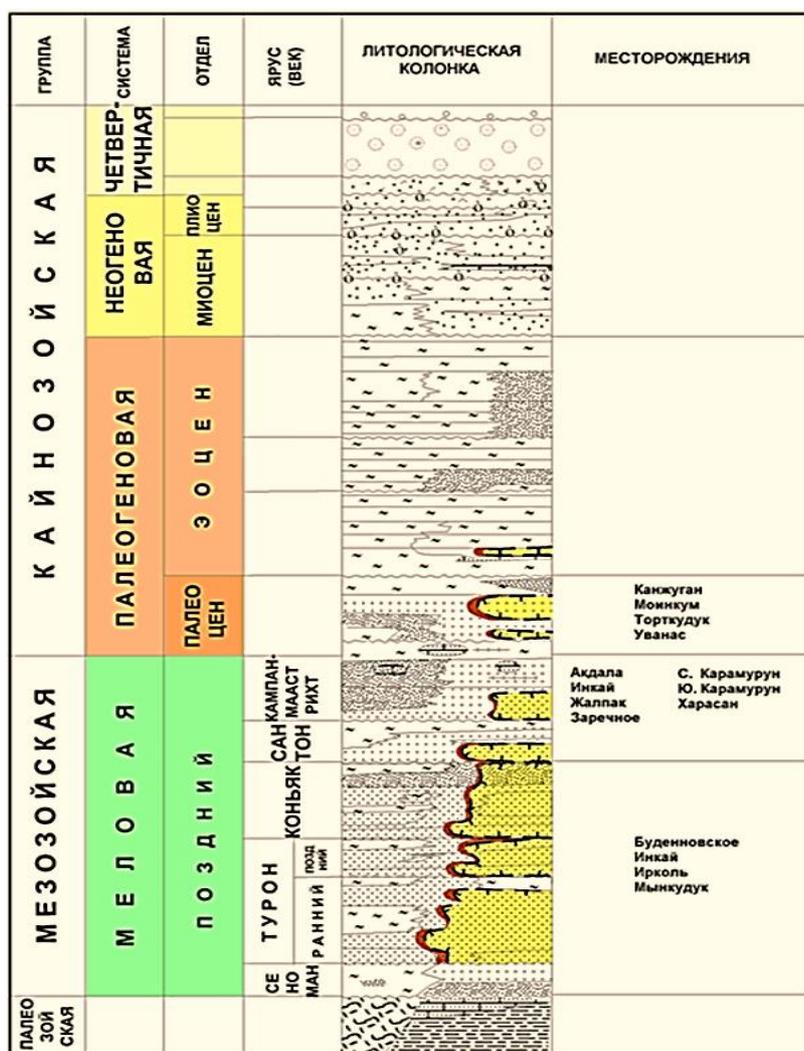


Рисунок 1.3 - Стратиграфическая колонка Сырдарьинской провинции [3]

## 1.6 Гидрогеологические условия

В гидрогеологическом плане район работ расположен в зоне транзита подземных вод в северо-восточной части Сырдарьинского артезианского бассейна первого порядка. Три водоносных горизонта и пять водоносных горизонтов (четвертичный, палеоцен-Нижний-Средний эоцен, Верхний турон-сеноманский, сеноманский и палеозойский) вовлечены в затопление разреза, разделенного региональными латерально устойчивыми водными барьерами (рис. 1.4).

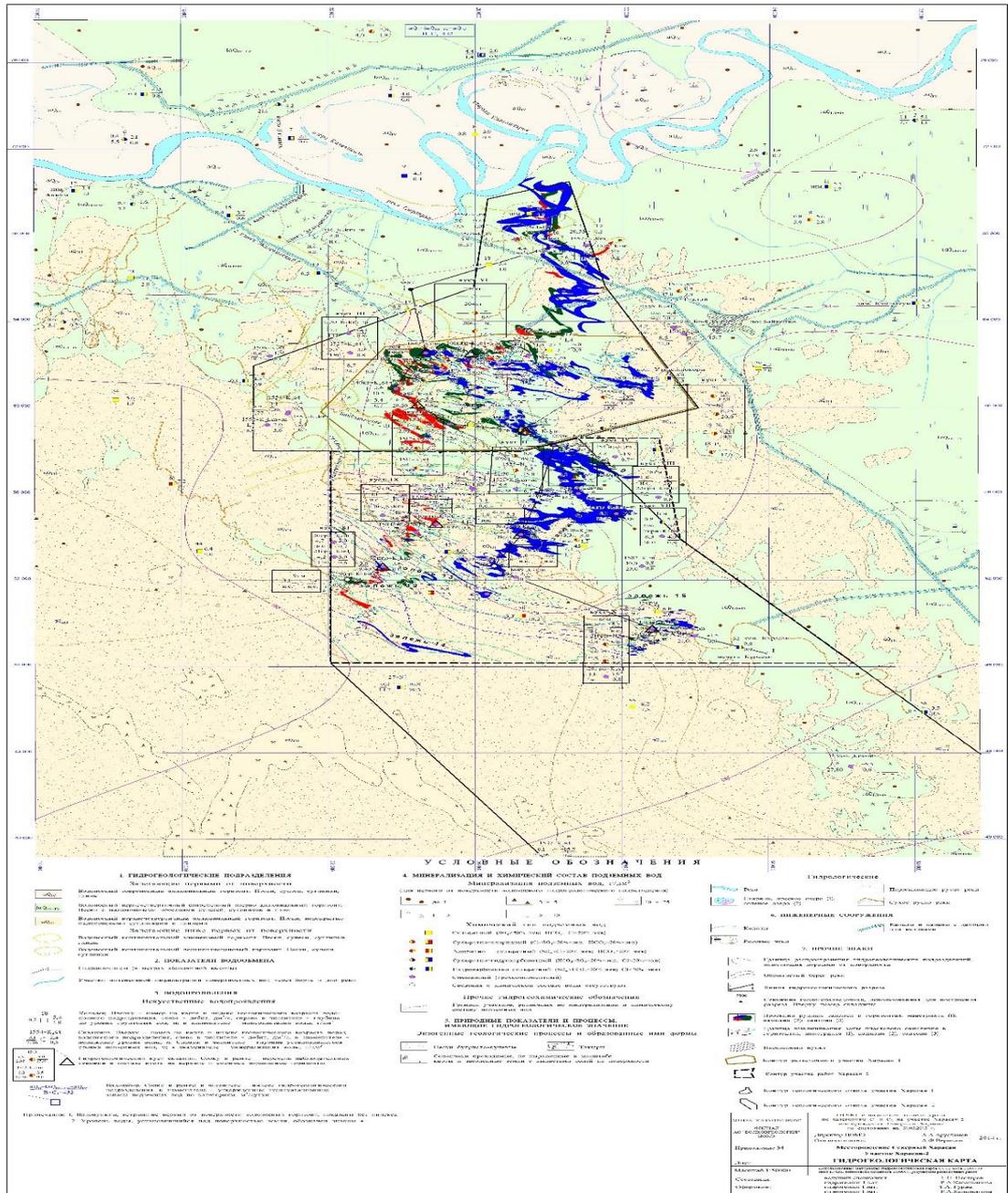


Рисунок 1.4 - Гидрогеологическая карта района работ [4]



Глубина кровли Кампанско-Маастрихтского водоносного горизонта ( $K_2km-m$ ) увеличивается с севера на юг с 500 м до 600-672 м.

Урановое оруденение приурочено к трем субгоризонтам Верхнетюронсенонского комплекса ( $K_2t_2-cn$ ): маастрихтскому, кампанскому и Верхнему сантону, которые разделены маломощными прерывистыми водными барьерами, имеют общую пьезометрическую поверхность и совершенную гидравлическую связь, т. е. в гидравлическом плане представляют собой единый харасанский водоносный горизонт. Горизонт представляет собой чередование водоносных средне-мелкозернистых песков общей мощностью 40-50 метров и водостойких глинистых пород.

Радиологические показатели подземных вод характеризуются удельной активностью (Бк / кг) калия-40, радия-226, тория-232 и урана-238 ( $mg/dm^3$ ). Содержание радионуклидов не превышает допустимых уровней по НРБ-96.

Маастрихтский водоносный горизонт является основным рудоносным субгоризонтом. Водоносные пески имеют различную зернистость, толщину от 6 до 37 м. В пределах водоносных песков развиты неравномерные прослои и линзы песчаников и алевролитов. Кампанский водоносный горизонт представлен в основном среднезернистыми песками. Толщина горизонта колеблется от 2 до 34 м. Промежуточная водная преграда, разделяющая Маастрихтский и Кампанский субгоризонты, не выдерживает напряжения и часто расклинивается, образуя "окна", через которые осуществляется гидравлическая связь между субгоризонтами.

Подземные воды горизонта имеют высокие давления и характеризуются близким залеганием пьезометрической поверхности от 1,5 до 7 м в зависимости от форм рельефа.

Подземное водоснабжение происходит на востоке и юго-востоке рудного поля за счет инфильтрации атмосферных осадков, паводковых вод горных ручьев в предгорной части хребта Каратау. Рудный район расположен в зоне транзита подземных вод, течение которых имеет северо-западное направление.

Воды рудоносного горизонта имеют высокую водность и проницаемость: коэффициент фильтрации песка составляет от 2 до 6 м/сут, коэффициент подачи воды-от 335 до 358,6  $m^2/сут$ , коэффициент пьезопроводности- $1,4 \times 10^6 m^2/сут$ .

Пресные подземные воды с минерализацией до 1,0 г/дм<sup>3</sup>, чаще 0,5-0,8 г/дм<sup>3</sup>. По химическому составу вода в основном состоит из смешанных трехкомпонентных анионов, причем среди катионов преобладает натрий. Температура подземных вод составляет 36 °С-45 °С, рН пластовой воды-7,6.

Нижележащие сантонские, Верхнетюронно-коньякские и палеозойские водоносные горизонты не пересекаются с технологическими скважинами и в настоящей записке не рассматриваются. Подземные воды Сантонского яруса используются для технического водоснабжения промышленной площадки месторождения Северный Харасан.

## **1.7 Морфологические особенности и характеристика рудных залежей**

Урановая минерализация в водоносных горизонтах Верхнего сантона, кампана и нижнего маастрихта пространственно связана с областью расщепления ПО и локализована в серых породах на границе с окисленными породами. За период работы в рудном регионе с учетом особенностей изучения гидrogenных месторождений на всех этапах от разведки до детальной разведки и эксплуатации были сформированы специфические термины, частично отличающиеся от используемых в рудной геологии, что позволяет последовательно ранжировать объекты изучения.

В рудоносных зонах по обе стороны границы заклинивания ЗПО объединены залежи рудоносных горизонтов с концентрациями урана не менее 0,01%. В отложениях каждого горизонта в плане они образуют полосы, простирающиеся с юго-запада на северо-восток на 25 км шириной от первых ста метров до 5 км и нанесенные на карту на этапе поиска. В разрезе оруденение обычно локализуется в серии многоуровневых линз, часто вдавленных в относительно непроницаемые породы.

Продуктивные зоны выделяются в пределах рудоносных и представляют собой водопроницаемые рудоносные залежи с суммарным метропроцентом на пересечениях не менее 0,04. В плане это прерывистые, в пределах рудоносных зон, пояса длиной от 30 км до 50 км и шириной первые сотни метров, являющиеся объектом оценочных работ.

## **1.8 Вещественный состав руд и вмещающих пород**

Минералогический состав песков рудоносных месторождений сходен между собой. Содержание кварца в них составляет в среднем от 53,09% до 74,54%, полевых шпатов - от 5,45% до 13,47%, обломков горных пород - от 8,32% до 18,69%. Общее содержание детритового материала в песках колеблется от 78,14% до 94,47%, т. е. преобладающими породами и рудами являются детритовые минералы, устойчивые (кварц и фрагменты горных пород) и менее устойчивые (полевые шпаты) к кислым и щелочным растворам (таб. 1).

В подчиненном количестве содержится слюда (мусковит, хлорит, хлоритизированный биотит) - в среднем от 1,34% до 1,87%, углистый растительный детрит - в среднем от 0,01 % до 2,56 % (до максимума 25,58 % в породах месторождения № 6,7), глинистые минералы - в среднем от 5,12 % до 17,44 % (максимальные значения обусловлены наличием глинистых обломков и окатышей в значительных количествах в песках). В виде незначительной примеси (в среднем 0,07-0,38 % от общей массы) присутствуют акцессорные минералы (ильменит, лейкоксен, ставролит, турмалин и др.).

Таблица 1 - Минералогический состав руд и вмещающих пород месторождения урана Северный Харасан [2]

Минерал, минеральный агрегат	Содержание, %
Кварц	30-80
Полевые шпаты	5-40
Обломки пород	5-30
Акцессорные минералы	+
Минералы глин (иллит, каолин, монтмориллонит, глауконит, хлорит)	5-45
Карбонаты (кальцит, сидерит, доломит, анкерит)	0-5
Органические остатки (растительный детрит, костные остатки, битумы и др.)	5-15
Сульфиды (пирит, марказит, реже сульфиды, Mo, Cu, Zn, Pb)	+++

Мелкозернистая и мелкозагрязненная глинистая масса (размер частиц менее или равен 0,05 мм) состоит из монтмориллонита (преобладающего, в среднем от 4,50% до 15,62%) с примесью каолинита (в среднем 0,25% - 1,99%) и гидрослюда (от 0 до 2,23%). В рудах они распределены неравномерно.

Наименьшее содержание глинистых материалов обнаружено в рудах маастрихтских месторождений; в рудах кампанских месторождений и маастрихтских месторождений северного фланга содержание глинистых минералов выше в 1,5-2,0 раза.

Песчаники и алевролиты характеризуются одинаковым составом терригенных и глинистых минералов. Они содержат повышенное количество монтмориллонита, каолинита, гидрослюда, хлорита и других минералов.

В неокисленных рудных песках, песчаниках и алевролитах пирит встречается в виде вкрапленных мелких зерен, реже гнезд и конкреций, заменяющих черный углистый растительный детрит. Реже он встречается в селеновых рудах, локализованных в серых породах. В среднем содержание пирита в песке колеблется от 0,01 % до 0,41 %. Он неравномерно распределен в разрезе рудоносных месторождений. В некоторых районах пирит отсутствует, а в районах, обогащенных карбонизированной древесиной, он достигает значений до 7,01 %.

Как минералогическая редкость установлены галениты и сфалериты, связанные с накоплениями каменноугольной растительности.

В горных породах и рудах фосфориты встречаются в виде обломков округлых зерен коричневого, темно-коричневого и черного цвета. Содержание фосфоритов незначительно, колеблется в среднем от 0 до 0,45 %, достигая максимальных значений 1,65% в песках месторождения № 9.

Из других новообразованных материалов в породах распространены кальцит (преобладающий) и доломит, распределенные в рудоносных отложениях неравномерно-от полного отсутствия в одних районах до 3,26% в

других. В межзеренном пространстве встречаются карбонаты в виде белых зерен, а также цементирующие терригенные зерна, они образуют гороховидные агрегаты диаметром до 1,0 см, более или менее равномерно распределены в породах и рудах и редко образуют маломощные прослои карбонатных песчаников.

По минералогическим данным руды месторождения являются силикатными (общее содержание детритовых материалов составляет от 70% до 90 %) с незначительным содержанием дисульфидов железа, карбонатов, фосфоритов и других минералов [4].

Содержание общего железа в рудах составляет в среднем от 0,43% до 0,77 %, двухвалентного – от 0,22% до 0,37 %, трехвалентного – от 0,07% до 0,09% в серых породах, повышаясь до 0,40% в лимонитизированных породах, сульфидного - в среднем от 0,10% до 0,25% в серых породах, снижаясь до 0,03% в лимонитизированных породах, CO<sub>2</sub> - менее 0,2% -1,55 %, Сорг. - менее 0,01% - 0,12 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0,02% - 0,09 %.

## 2 Изучение особенности вещественного состава по минералогическому и рентгенофазовым анализам сложных участков месторождения Северный Харасан

### 2.1 Методика проведения работы

- Фракционирование
- Минералогический анализ
- Рентгенофазовый анализ

#### 2.1.1 Фракционирование песков

Его проводят методом отмучивания в воде и сита. В процессе фракционирования песка был получен материал всех гранулометрических фракций и промывная вода, содержащая водорастворимую песчаную фракцию [15].

По результатам фракционирования образцы представлены средне-мелкозернистыми песками. Содержание алевроитово-глинистого класса в песках 4Б составляет 5%. Растворимую фракцию образцов получали сушкой 200 мл промывочной воды. Содержание растворимой фракции (сухого остатка) в песках образца 4Б составляет ~ 0,03% (табл. 2.1).

После проведения экспериментов по выщелачиванию урана - (образцы 2-4Б и 4-4Б) наблюдается резкое снижение (в 10 раз) содержания глинистого класса и значительное увеличение (~8 раз) содержания растворимого класса (сухого остатка).

Таблица 2.1 - Результаты фракционирования песков [15]

№№ проб	Песчаные фракции, мм					Е песка, %	Алевроитовый класс 0,05, %	Глинистый класс 0,005, %	Е алевроит+глина	Растворимый класс, %	Е
	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25 - 0,1	0,1-0,05						
4Б	0,8	4,0	60,7	26,3	3,2	95,0	4,5	0,5	5,0	0,03	100
2-4Б						95,3	4,6	0,05	4,65	0,25	100
4-4Б						94,8	5,1	0,05	5,15	0,25	100

### 2.1.2 Минералогический анализ

Материал песчаных фракций всех образцов исследовали с помощью бинокулярного микроскопа МБС-10. Визуальное исследование сопровождалось микрохимическими реакциями, отбором зерен для диагностики методом рентгенофазового анализа (РФА).

Полуколичественный минералогический анализ проводили на материале песчаных фракций образца 4Б. Результаты визуального осмотра образцов и минералогического анализа образца 4Б представлены в таблице 3.

Материал фракций мелкозернистого песка (0,1-0,05) и алевролита (<0,05) исследовали в нефтяных препаратах оптическим методом с использованием поляризационного микроскопа Leica DFC 420. Результаты оптического излучения были использованы при сравнительном описании минералов и минеральных агрегатов, составляющих образцы песков.

### 2.1.3 Рентгенофазовый анализ (РФА)

Рентгенофазовый анализ проводился на приборе ДРОН-3 с использованием монохроматического излучения меди. Препараты (порошок) записывались в обычном и, при необходимости, в усиленном режиме.

Следующие определения сделаны методом РФА:

Минерально-фазовый состав алевролитовых и глинистых классов образцов песка, содержание основных минеральных фаз в составе алевролитовых и глинистых классов рассчитывали с помощью полуколичественного РФА.

Состав, структурное состояние и количественные соотношения основных глинистых минералов (табл. 4)

В таблице 2.2 представлен минеральный состав образцов песка различных классов.

В таблице 2.3 представлен минерально-фазовый состав образцов алевролитового и глинистого классов. По результатам минералогического, оптического и рентгенофазового анализов составлена сравнительная характеристика минералов и минеральных агрегатов пробных песков [15].

Таблица 2.2 - Представлен минеральный состав песчаных классов проб [15]

Минерал, минеральный агрегат %, наличие в пробе	№№ про		
	4Б	2-	4-4Б
Кварц	79,5	+	+
Полевые шпаты	7,5	+	+
Обломки пород	1,8	+	+
Мусковит	0,4	+	
Гидробиотит, хлорит	0,3	+	+
Глауконит	+	+	+
Карбонаты	0,4	-	-
Агрегаты обломочных зерен на карбонатном цементе	0,4		-

Продолжение таблицы 2.2

Минерал, минеральный агрегат %, наличие в пробе	№№ про		
	4Б	2-	4-4Б
Сульфиды железа	0,1	+	+
Агрегаты кварца с сульфидами железа	0,1	+	+
Гидроксиды железа	+	+	+
Агрегатные стяжения глинистого, слюдисто-глинистого, алевритово-глинистого состава	3,2	+	+
Углефицированное органическое вещество	1,3	+	+
Акцессорные минералы	+	+	+
Ураковая минерализация	+	-	-
Селеновая минерализация	+	+	+
Гипс	-	+	+

Таблица 2.3 - Фазовый состав алевритовых и глинистых классов проб [15]

Фаза	Алевриты 4Б	Глинистый класс 2-4-Б	(<0,05) 4-4Б	Глинистый класс 4Б	Глинистый класс 2-4Б	С<0,005) 4-4Б
Кварц	28	32	33	12	28	38
Альбит	4	3	4	3	4	4
Микроклин	8	9	9	6	13	10
Мусковит	3	3	3	2	5	4
Каолинит	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>8</b>
Монтмориллонит	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>68</b>	<b>14</b>	<b>18</b>
Хлорит	+	+	+	сл	сл	сл
Кальцит	2	-	—	-	-	-
Доломит	2	-	-	сл	-	-
Пирит	3	2	2	2	7	8
Гипс	-	сл	1	сл	18	10
Оксид урана	+	-	-	+	■7	-

## 2.2 Описание минералов, минеральных агрегатов

Кварц. Содержание кварца в песках образца 4Б составляет 79,5%. Кварцевые осколки в основном полукатаные, измельченные (в мелкозернистом, мелкозернистом песке) по форме. Цвет серовато-белый, серовато-желтоватый, прозрачный в мелкозернистом песке. Наблюдается очень неровный рельеф поверхности кварцевых зерен, характеризующийся сильной трещиноватостью. Многочисленные микротрещины и углубления на

поверхности кварца заполнены дисперсным серым, серовато-белым глинистым материалом, часто содержащим уран (по результатам микрохимии), редко отмечаются гнезда сульфида железа. На поверхности кварца мелкозернистого песка обнаружена тонкая точечная пропитка гидроксидами железа [14].

На поверхности кварцевых фрагментов образцов 2-4Б и 4-4Б заметно меньше гнезд и отложений дисперсного глинистого материала.

Полевые шпаты. Полевые шпаты составляют 7,5% минерального состава песка класса образца 4Б, они встречаются в виде полукатаных обломков белого и светло-серого цвета со следами плоскостей спайности. Полевые шпаты представлены микроклином, пелитизированным ортоклазом и кислым плагиоклазом (альбитом). По полуколичественным данным рентгенографии (табл. 2.3) наблюдается заметное превышение количества микроклина (в 2-2,5 раза) над альбитом.

В песках образцов 2-4Б и 4-4Б наблюдается увеличение пелитизации ортоклазов и плагиоклазов.

Мусковит. В песках образца 4Б он содержится в небольшом количестве - 0,4%. Алевролит-глинистый класс содержит 2-3% мусковита. Мусковит образует прозрачные пластинки и чешуйки, реже беловатые, утолщенные пакеты.

На поверхности мусковитовых песков образцов 2-4Б и 4-4Б отмечены тонкие прожилковые выделения и пленки желтовато-коричневых гидроксидов железа.

Хлорит. Гидробиотит. Хлорит и гидробиотит в песках образца 4Б составляют 0,3%, образуют темно-зеленые, часто беловато-зеленые пластинки и чешуйки. Часто на поверхности пластин наблюдаются мелкозернистые включения фрамбоидального пирита. Хлорит в виде тонких чешуек наблюдается в составе многочисленных слюдоглинистых агрегатов.

Глауконит. Встречается в виде редко встречающихся, округлых зеленых зерен. Он встречается в основном в мелкозернистых образцах песка и алевролитов.

Карбонаты. Карбонаты представлены кальцитом и доломитом. Класс песка образца 4Б содержит в основном кальцит - в небольшом количестве 0,4%. В основном мелкие округлые зерна кальцита локализуются в мелкозернистых песках и алевролитах. В песчаном классе кальцит встречается в виде цемента в агрегатах терригенных зерен, в виде отдельных редких зерен, а также в виде слюдоглинистых агрегатов. Доломит образует мелкие ромбоэдрические кристаллы, обнаруженные в алевролитах образца 4Б. Глинистый класс образца 4Б практически не содержит в своем составе карбонатов.

Карбонаты в песках образцов 2-4Б и 4-4Б не обнаружены.

Агрегаты терригенных зерен на карбонатном цементе. Агрегаты на карбонатном (кальцитовом) цементе обнаружены преимущественно в составе крупно-и среднезернистой песчаной фракции образца 4Б в количестве 0,4%.

В песках образцов 2-4Б и 4-4Б заполнителей на карбонатном цементе нет.

Сульфиды железа. Сульфиды железа представлены пиритом (по данным рентгенографии). В песчаном классе образца 4Б пирит в количестве 0,1% образует редкие мелкозернистые агрегаты, агрегаты с кварцем, иногда содержащие уран. Мелкозернистые пески и алевролиты содержат довольно многочисленные шаровидные агрегаты и фрамбоидальные выделения пирита. Наименьшие выделения фрамбоидного пирита наблюдаются на поверхности хлоритовых пластин, в составе слюдоглинистых агрегатов. Содержание пирита в алевролитно-глинистом классе образца 4Б составляет 2-3%.

Гидроксиды железа. Гидроксиды железа обнаружены в незначительных количествах, главным образом во фракциях мелкозернистого и мелкозернистого песка и алевролита образца 4Б. Встречаются единичные зерна гетита (землистый агрегат коричневатого-кирпичного цвета), тончайшие отложения и точечные гнезда гидроксидов железа на поверхности обломочных зерен.

По результатам микрохимии наблюдается резкое увеличение содержания трехвалентного железа ( $Fe^{3+}$ ) в илито-глинистых и водорастворимых классах образцов 2-4Б и 4-4Б. В алевролите образца 4-4Б оптическим методом выявлено повышенное количество гелевых выделений гидроксида железа (многочисленные точечные и капельные, желтоватые выделения и их накопление).

Агрегатные муфты. Агрегатные агрегаты из глины, слюды-глины, алевролита-глинистого состава составляют 3,5% в составе песка класса пробы 4Б.

В основном агрегатные агрегаты зеленовато-серого цвета, имеют своеобразную форму - "комочек мятой бумаги" с очень неровной, изъеденной косточками поверхностью. Гораздо реже, преимущественно в крупнозернистом песке, встречаются округлые, с плоской поверхностью, агрегатные сужения. В составе агрегатов (по данным рентгенографии) преобладают кварц, монтмориллонит ( $PHI$ )<sub>1</sub>=14,2 вА-Са-катион замещенная форма), каолинит и мусковит. Часто встречаются кальцит, доломит, пирит и хлорит. Как правило, агрегатные агрегаты являются урансодержащими (по данным микрохимии).

После проведения экспериментов по выщелачиванию урана агрегатные сужения сохраняются. В их составе появляется значительное количество трехвалентного железа (по данным микрохимии).

Обугленное органическое вещество. Карбонизированное органическое вещество составляет 1,3% в составе песка класса пробы 4Б. Отмечается в виде изометрических рыхлых зерен, удлиненных призматических зерен. Единое органическое вещество часто пиритизируется и содержит уран. В песках образцов 2-4Б и 4-4Б отмечается дисперсность зерен унифицированного органического вещества.

Вспомогательные минералы. Фурнитура представлена турмалином,

ставролитом, ильменитом, гранатом, эпидотом, сфеном. Они локализуются преимущественно во фракции мелкозернистого песка.

Селеновая минерализация. Он представлен нативным селеном. В виде редких игольчатых выделений самородный селен встречается в мелкозернистой песчаной фракции и в алевролитах.

Гипс. Гипс в виде отдельных призматических кристаллов и их агрегатов обнаружен в мелкозернистых и мелкозернистых песках и диагностирован в алевро-глинистом классе образцов 2-41<sup>^</sup> и 4-4Б.

Глинистые минералы. Основными глинистыми минералами в пробных песках (по данным РФА) являются каолинит и монтмориллонит. Каолинит и монтмориллонит в песчаном классе образца 4Б образуют многочисленные агрегатные агрегаты. В мелкозернистом песке и алевролите образца 4Б наблюдаются многочисленные веерообразные червеобразные кристаллические агрегаты каолинита и мелкозернистые агрегаты дисперсного монтмориллонита (по оптическому методу).

Глинистые минералы, входящие в состав алевролитовых и глинистых классов образцов, изучались рентгеновским методом

Урановая минерализация. Наличие урановой минерализации в песках образца 4В было обнаружено с помощью микрохимических реакций. Диагностика урановых минералов проводилась рентгеновским методом

Г. О. минеральный состав песков образца 4Б - кварц-полевой шпат.

Основным порообразующим минералом является кварц-содержание кварца в песках составляет 79,5%, алевро-глинистый класс содержит 12-28% кварца.

Среди полевых шпатов (содержание в песках 7,5%) значительно преобладает микроклин.

Слюдистые минералы, в небольшом количестве ~ 0,7% в песках, 2-3% в алевро-глинистом классе, представлены мусковитом, гидробиотитом, хлорит-глауконитом.

Карбонаты, также в небольших количествах - 0,8% в песке, 4% в алевролитах, представлены кальцитом и доломитом. Глинистый песок класса пробы 4Б, не содержит карбонатов.

Сульфиды железа представлены пиритом, в количестве 0,2% в песке, 2-3% в алевролитоглинистом классе. Агрегаты сульфида железа являются урансодержащими [14].

Пески образца 4Б характеризуются необычной формой агрегатов глинистого, слюдисто-глинистого, илисто-глинистого состава (3,8%). Агрегаты содержат уран.

Карбонизированное органическое вещество, в количестве 1,3% в образце песка, частично пиритизированное, является урансодержащим.

Самородный селен в виде игольчатых кристаллов редко встречается в составе мелких фракций образцов песка.

## Выводы

Минеральный состав песков образца 4Б (табл. 2.2) - кварц-полевой шпат, с небольшим содержанием слюдяных минералов, обломков горных пород. Аутигенная минерализация представлена небольшим количеством карбонатов, сульфидов и гидроксидов железа. Образцы песков содержат каменноугольное органическое вещество, самородный селен. Основные глинистые минералы представлены каолинитом и структурно совершенным монтмориллонитом. Характерно значительное количественное преобладание монтмориллонита над каолинитом (Табл. 2.3).

Особенности минерального состава песков образца 4Б заключаются в следующем:

- отмечено низкое содержание карбонатов в составе классов песка и алевролита, отсутствие карбонатов в классе глины.

- высокое содержание структурно совершенного монтмориллонита, как в песчаном классе (3,5% в составе агрегатов), так и в алевролитно-глинистом классе (35-68%).

Наличие большого количества (в составе алевролитно-глинистого класса) структурно-совершенных монтмориллонитовых и карбонатных пород отрицательно влияет на скорость выщелачивания урана.

### 3 Выявление характера влияния минералогического состава вмещающих пород на процесс сернокислотного выщелачивания урана

Основным компонентом рудоносных пород являются силикаты, содержание которых составляет от 30 до 80% от общего количества минералов продуктивного горизонта и глинистых минералов (иллит, каолин, монтмориллонит, глауконит, хлорит) 5-45%. Высокое содержание плагиоклазов и глинистых минералов (>30%) увеличивает образование механической и ионообменной коагуляции, которая образуется при переносе растворов потоком в продуктивный горизонт и набухании глин. Содержание карбонатных минералов в рудах 1,5% и более вызывает химические осадки, которые осаждаются при взаимодействии с растворами серной кислоты.

Труднорастворимые осадки и вытесненные глинистые частицы в продуктивном горизонте повышают гидравлическое сопротивление и образуют непроницаемые участки геохимического барьера, перекрывающие линии течения растворов. Как правило, снижение фильтрационных характеристик продуктивного горизонта приводит к снижению содержания урана в ПР и уменьшению межремонтного цикла (МРК) скважин, что замедляет процесс отработки продуктивных блоков, в результате чего увеличивается расход серной кислоты и других химических реагентов. Эти блоки требуют частых ремонтно-восстановительных работ и дополнительного повышения проницаемости вмещающих пород. Протекающие окислительно-восстановительные реакции в пласте во многом определяют эффективность технологии ПСВ урана, полноту извлечения металлов в раствор. В результате повышаются удельные затраты на химические реагенты, энергозатраты и, в целом, технико-экономические и экологические показатели производства. В сложных горно-геологических условиях увеличение удельного расхода серной кислоты происходит за счет преодоления геохимического барьера путем растворения осадков в растворе серной кислоты, что значительно повышает себестоимость конечного продукта [5].

На стадии подкисления БП наиболее активно взаимодействует с содержащимися в пласте карбонатами (представленными, как правило, кальцитом  $\text{CaCO}_3$ , сидеритом  $\text{FeCO}_3$ , доломитом  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , магнезитом  $\text{MgCO}_3$  и анкеритом  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{FeCO}_3$ ), растворяя их по уравнениям:



Как видно из уравнений (3.1-3.3), поведение карбонатов отличается очень существенно. При растворении карбоната железа (входящего в состав сидерита и анкерита) образуются водорастворимые сульфат железа,

углекислый газ и вода (количество бикарбоната железа незначительно). При растворении карбоната магния образуются водорастворимые сульфат магния и бикарбонат. При растворении карбоната кальция (кальцита) образуются плохо растворимые сульфат и бикарбонат кальция, а также углекислый газ. В этом случае кальцит полностью растворяется, но полученный раствор многократно пересыщается гипсом  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , который имеет низкую равновесную растворимость (2 г/л), но склонен к образованию достаточно стабильных пересыщенных растворов.

### 3.1 Рентгенофазовое исследование состав кольяманта

Образование различных сульфатных солей, образование и отложение гипсовых отложений с внутренних поверхностей погружных насосов скважин Северо-Харасанского участка. Их обрабатывают серно кислотным выщелачиванием. Высушенные осадки образца представляли собой пылевидную смесь красного цвет (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 - Осадкообразования из внутренних поверхностей погружных насосов откачных скважин [15]

Фазовый состав исследуемых веществ контролировали методом рентгенофазового анализа, который проводили на рентгеновском дифрактометре X'Pert MPD PRO (PANalytical). Условия съемки: излучение  $\text{CuK}\alpha$ , Ni фильтр,  $U = 30$  кВ,  $I = 10$  мА, скорость вращения 1000 имп/с, постоянная времени  $t = 5$  с,  $2\theta = 10-90^\circ$ . Интенсивность дифракционных максимумов оценивалась по 100-балльной шкале в процентах от самой высокой линии. Обработка массива экспериментальных данных и

межплоскостных расстояний проводилась по формуле Вульфа-Брэгга. Фазовый анализ минералогического состава коллимирующих материалов определялся в соответствии с рентгенографическими данными Международного кристаллографического общества (табл. 3.1).

Таблица 3.1 - Минералогический состав кольматанта месторождения «Северный Харасан» [2]

Наименования компонента		
Кварц	SiO <sub>2</sub>	2
Оксид железа	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	14
Сульфат магния	Mg S	11
Кальций алюминий гидроксид	CaAl <sub>2</sub> ((OH) <sub>8</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> )	1
Анкерит	Ca (Mg Fe Mn) (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	51
Доломит	Ca Mg Fe (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	6

Образцы кольматантов подвергали визуальному осмотру. Они бело-желто-оранжевого цвета, сплошного осадконакопления. Для физико-химического анализа кольматанты измельчали в агатовой ступке до порошкообразного состояния и

- Группа слаборастворимых минералов: глинистые минералы, полевой шпат, сульфиды, гидрослюды.

- Группа очень плохо растворимых минералов: кварц, биотит, аксессуарные (турмалин, гранат, циркон и др.).

Основными породообразующими минералами являются кварц и полевой шпат, которые характеризуются высокой стойкостью к этому растворителю. Основными кислотоёмкими минералами являются карбонаты (кальцит, доломит, магнезит) и некоторые виды глинистых минералов. Неблагоприятные последствия реакции серной кислоты с неметаллическими минералами не ограничиваются экономической стороной. Обогащение продуктивных растворов макрокомпонентами в результате этих реакций при определенных условиях может привести к временному или постоянному выделению из них твердых продуктов реакции в пласт, что, в свою очередь, ухудшает проницаемость пласта (так называемая кольматация) и условия контакта растворителя с рудными минералами.

Практика эксплуатации участка "Харасан-2" Северо-Харасанских месторождений показывает, что извлекаемость продуктивных растворов из геотехнологических скважин снижается из-за проявления кольматации.

В. И. Белецкий, одним из первых изучивший такие процессы, выделяет несколько возможных типов кольматации.

Временная кольматация в основном происходит при подкислении за

счет обогащения продуктивных растворов ионами железа и алюминия. Подкисление является первым этапом разработки месторождений методом кислотного подземного выщелачивания-от начала подачи рабочих растворов в нагнетательные скважины до заметного повышения кислотности перекачиваемых растворов (т. е. снижения их рН до 2,5-2,0). В этот период кислотные растворы, обогащенные железом и алюминием в результате реакций с горными породами, перемещаясь по пласту в сторону насосных скважин, нейтрализуются за счет взаимодействия с новыми объемами горных пород, а гидроксиды Fe и Al, вследствие увеличения концентрации ионов OH<sup>-</sup> в растворах, выпадают в осадок.

По результатам расчетов Р. П. Рафальского применительно к реальным растворам подземного выщелачивания осаждение Fe(OH)<sub>2</sub> должно происходить в диапазоне рН от 2,0 до 3,5; соответствующий интервал для Al(OH)<sub>3</sub> составляет от 4,4 до 5,7.

Осажденные гидроксиды из-за очень рыхлого характера осадка и часто высокого (сотни и тысячи миллиграммов на литр) содержания железа и алюминия в растворах могут значительно ухудшить проницаемость пласта, что выражается в снижении дебита насосных и нагнетательных скважин, а также в повышении уровней (или устьевых давлений) в нагнетательных скважинах. Такой же эффект будут оказывать гидроксиды, находящиеся в растворах в виде суспензий, так как это значительно увеличивает вязкость растворов. Однако последующими порциями более кислых растворов, нейтрализованных в прогрессивно убывающей степени, осажденные гидроксиды снова растворяются, так что после выхода растворов с рН < 2,0 из насосных скважин описанные эффекты коагуляции обычно исчезают.

Постоянная коагуляция. Наиболее опасным процессом, который может привести к постоянной (перманентной) коагуляции, является осаждение сульфата кальция (гипса) из 56 сернокислых растворов, обогащенных ионами кальция за счет реакций с карбонатами - кальцитом и доломитом - и постоянно обогащенных сульфат-ионом при повторном упрочнении рабочих растворов серной кислотой. Осаждение гипса из растворов обусловлено его низкой растворимостью, которая в пересчете на безводную соль составляет для дистиллированной воды при 0° С-1,76 г / л, при 40° С-2,09 г/л;

### **3.2 Рентгенофазовое исследование состав глинистых минералов**

Основными глинистыми минералами песков месторождения Северный Харасан являются каолинит и монтмориллонит [4].

Состав, структурное состояние и количественные соотношения глинистых минералов изучались методом РФА.

Основными глинистыми минералами в алевро-глинистом поровом агрегате пробных песков являются каолинит и монтмориллонит. Содержание каолинита и монтмориллонита, рассчитанное с помощью полуколичественного ХРД, приведено в таблице 3.2.

По лабораторным данным соотношения глинистых минералов, рассчитанные по дифрактограммам ориентированных препаратов, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Количественные соотношения глинистых минералов

Гранулометрический класс	№ проб					
	4		2-4Б		4-4Б	
	Ка	мм	Ка	ММ	Ка	М
алевритовый <0,05	33	67	29	71	31	69
глинистый < 0,005	11	89	34	66	26	74

Анализ таблицы изменения количественных соотношений каолинита и монтмориллонита показывает:

- монтмориллонит значительно преобладает во всех классах алевролитов и когтях всех образцов.;

в классе алевролитов образца 4 В количественном соотношении Ка:ММ ~ 30:70;

- при столкновении кланов образца 4 В количественном соотношении Ка:ММ ~ 10:90;

Если монтмориллонит присутствует в ИГРЕ, то не исключено развитие другой формы сортировки. Монтмориллонит является природным ионитом и может присутствовать в виде кальция, магния, кальция и натрия [16]. В то же время для монтмориллонита натрия коэффициент набухания в водных растворах составляет 10-20, то есть на порядок выше, чем для всех других форм (1,5-2). В природе монтмориллонит обычно присутствует в кальциево-магниево-натриевой форме, но при взаимодействии с растворами, содержащими карбонаты калия и/или натрия, происходит реакция ионного обмена:



где  $M^{+}$  –  $K^{+}$ ,  $Na^{+}$ ;  $M^{2+}$  –  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $[Mm]$  – монтмориллонит

Если в составе ПР натрий преобладает над калием, то происходит почти необратимое набухание монтмориллонита с образованием очень вязкого и объемного геля.

По степени обратимости необратимы гипсовая кольматация, кремово-кислотная кольматация и, чаще всего, кольматация, возникающая при гелеобразовании за счет монтмориллонита натрия. Остальные типы обратимы с дальнейшим падением рН растворов [1].

### Выводы

Результаты количественного минералогического состава кольматирующих объектов приведены в таблице 2.3. Из этих данных видно,

что основу кольматантов (около 51%) составляет химическое соединение  $(Ca (Mg Fe Mn)(CO_3)_2)$ , минерал — анкерит. Остальные кольматирующие фазы — это породообразующие минералы доломит, оксид железа и сульфат магния (6%, 14% и 11% соответственно). Преобладание анкерита в отложениях обусловлено повышенным содержанием карбоната железа в продуктивном горизонте. Эти осадочные образования характерны химическим происхождением, образуются в результате выпадения осадков при взаимодействии карбонатных минералов с сернокислыми растворами [2].

Практика эксплуатации систем геотехнологических скважин при эксплуатации урановых месторождений методом ПСВ показывает, что со временем происходит снижение их продуктивности. Результаты рентгенофазового анализа осадконакопления показывают, что основная масса относится к химическому типу. При этом осаждаются многие компоненты, в том числе соли кальция, железа, магния и гидроксиды карбонатов кальция и магния, песок и глина. Отложение многих компонентов указывает на разнообразие процессов, происходящих в рудоносных породах при сернокислотном выщелачивании урана. Одной из основных причин снижения пропускной способности технологических скважин является увеличение гидравлических сопротивлений и снижение фильтрационных характеристик пласта за счет образования кольматации, за счет осаждения веществ, растворенных в технологических растворах, или механического перемещения частиц рудосодержащего горизонта, а также газовых выбросов.

## 4 Оптимальные способы обработки для большей извлекаемости руд сложных участков месторождения Северный Харасан

### 4.1 Лабораторные исследования выщелачивания урана с добавлением хлорида железа

Лабораторные исследования по выщелачиванию урана из kernового материала позволяют получить более полную информацию о процессе растворения урановых минералов. Выщелачивающий раствор фильтруют через пробу рудного материала с помощью специальных трубок. Используемая лабораторная установка показана на рисунке. 4.1.

Для определения массы образца в соответствующей пробирке перед загрузкой технологический образец перемешивали и взвешивали на электронных весах. Фильтрацию растворов проводили с постоянным впрыском растворителя и перепадом давления на входе и выходе. В соответствии с регламентом подготовленный выщелачивающий раствор фильтровали через kernовый материал в трубе и собирали в соответствующую сборную емкость для дальнейшего анализа и определения коэффициента фильтрации, извлечения урана и удельного расхода серной кислоты [7].

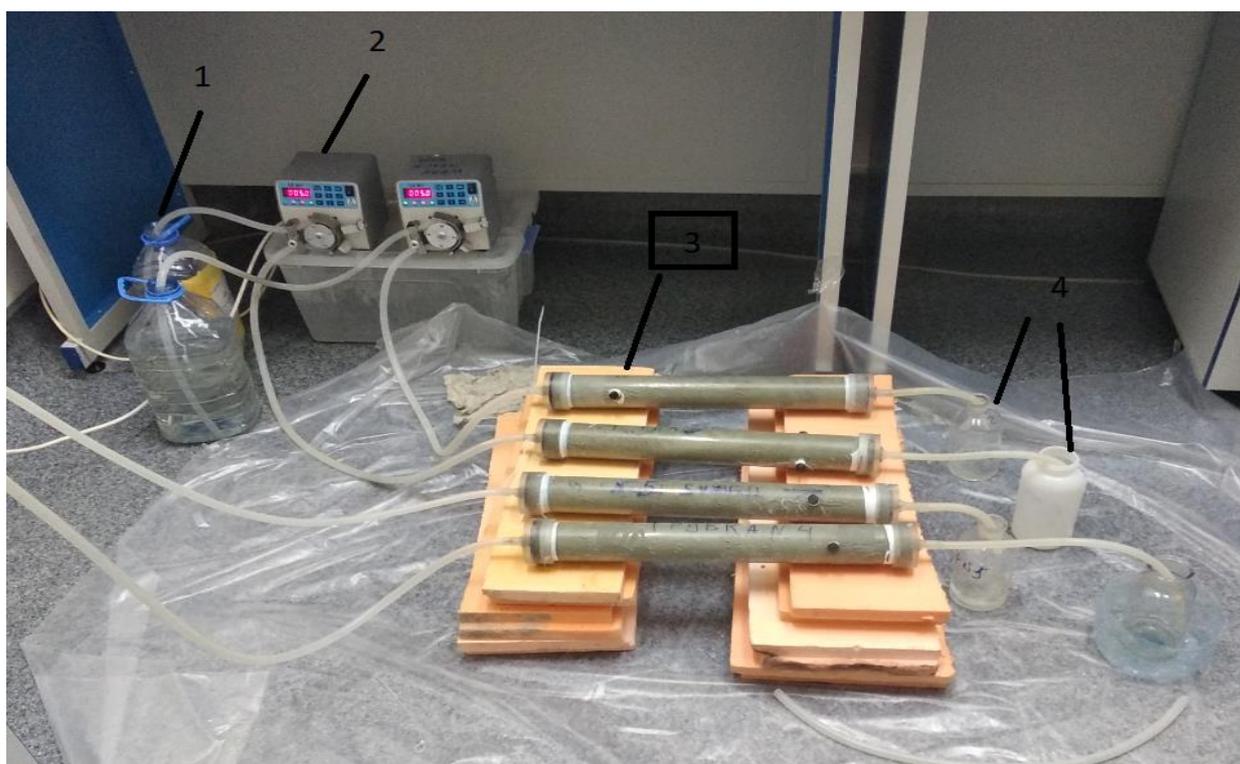


Рисунок 4.1 - Лабораторная установка по выщелачиванию kernового материала

1-Емкости с приготовленными растворами растворителями, 2 – Перистальтические насосы для подачи растворов, 3 – Трубки с kernовым материалом, 4 – Мерные сосуды для сбора продуктивного раствора.

Перед нанесением растворителя в трубки закачивалась пластовая вода объемом в одну пору.

Для эксперимента 1 (трубка 1) была принята норма со стандартной кислотностью в выщелачивающем растворе.

Для эксперимента 2 (трубка 2) была выбрана регуляция со строгим режимом кислотности в выщелачивающем растворе.

Для эксперимента 3 (трубка 3) была выбрана регуляция с мягким режимом кислотности с добавлением хлорида железа (железа III) в качестве окислителя урана (IV). Параметры нормативов кислотности выщелачивающих растворов по данным соответствующих экспериментов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Параметры кислотности выщелачивающих растворов [7]

№ опыта (трубки)	1	2	3
Отношение Ж:Т:	Концентрация серной кислоты в ВР, г/л		
0-0,2	25	25	15 + 500 мг/л FeCl <sub>3</sub>
0,2-0,8	15	20	15 + 500 мг/л FeCl <sub>3</sub>
0,8-1,5	10	15	10 + 500 мг/л FeCl <sub>3</sub>
1,5-2	5	10	5 + 250 мг/л FeCl <sub>3</sub>
2-2,5	3	5	3 + 250 мг/л FeCl <sub>3</sub>
2,5-3	0	0	0

Согласно разработанной методике экспериментальных исследований, растворы.

Для эксперимента 1 со стандартной кислотностью серной кислоты приготовление и подача раствора с кислотностью 25 – 15 – 10 – 5 – 3 г/л в диапазоне Ж:Т 0 - 0,2, 0,2 – 0,8, 0,8 – 1,5, 1,5 – 2,0, 2,0 – 2,5, при W:Т > 2,5 с нулевой кислотностью.

Эксперимент 2 предусматривал приготовление и подачу рабочих растворов со строгим режимом кислотности с концентрацией серной кислоты 25 – 20 – 15 – 10 – 5 г/л в соответствующих диапазонах W: Т.

Опыт 3, рабочие растворы готовили и подавали при мягком режиме кислотности серной кислоты с концентрацией 15-10 г/л с добавлением хлорида железа 0,5 г/л, в диапазонах Ж: Т 0-0, 8 и 0,8-1,5 соответственно, при кислотности 5-3 г/л с добавлением хлорида железа 0,25 г/л, в диапазонах Ж: Т 1,5-2,0 и 2,0-2,5, при Ж:Т > 2,5 серную кислоту и хлорид железа не добавляли.

## 4.2 Результаты лабораторных исследований

Процесс выщелачивания урана в условиях естественной проницаемости представляет собой сложный гетерогенный процесс, протекающий на границе раздела твердой и жидкой фаз, содержащий реагент, способный образовывать высокорастворимые соединения при взаимодействии с урансодержащими минералами или горными породами. На основании полученных результатов лабораторных экспериментов были проанализированы данные и графики изменения коэффициента фильтрации в зависимости от Ж:Т (рис. 4.2), содержания урана в растворе по отношению к Ж:Т (рис. 4.3), степени извлечения урана по отношению к Ж:Т (рис. 4.4), удельного расхода серной кислоты по отношению к Ж:Т (рис.4.5). Фильтрационные характеристики руд при взаимодействии растворителя и урановых минералов с дальнейшей транспортировкой в зоны разгрузки являются одним из ключевых параметров и определяются коэффициентом фильтрации руды.

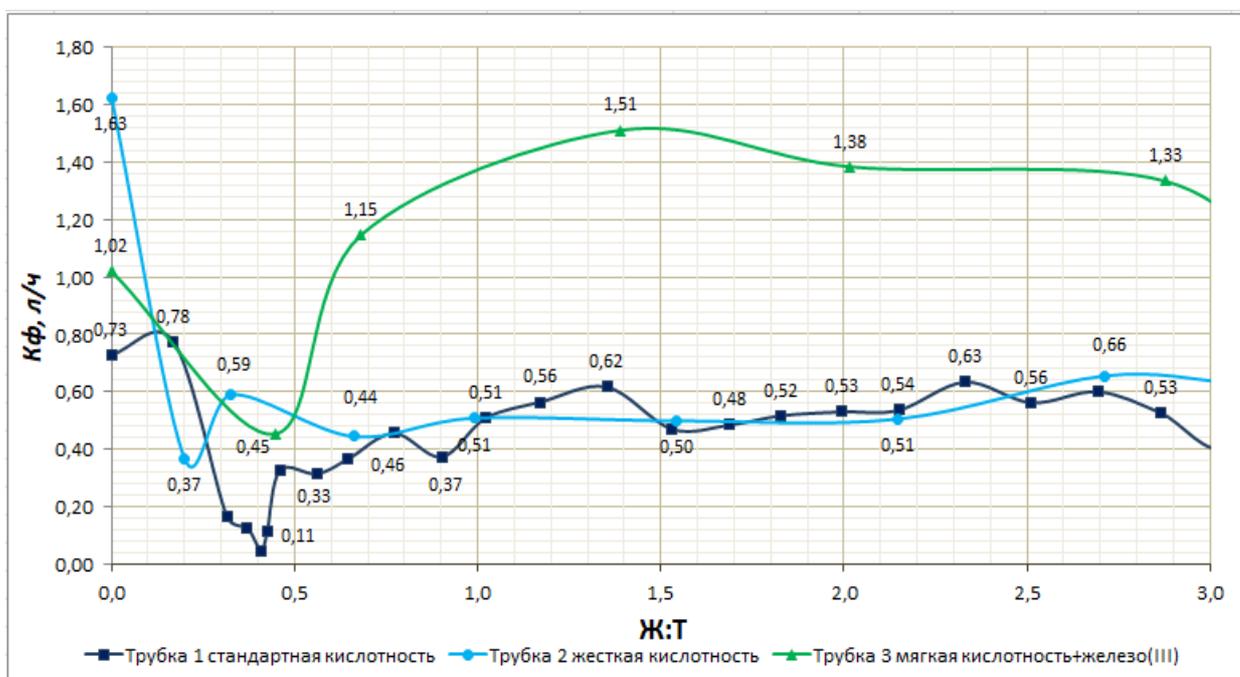


Рисунок 4.2 - Динамика изменения коэффициента фильтрации в зависимости от Ж:Т [9]

Как видно из графика изменения коэффициента фильтрации (Кф) в зависимости от Ж:Т, на:

В эксперименте 1, при применении рабочих растворов со стандартным режимом кислотности, в начале Кф составляет 0,73 и увеличивается до 0,78, но затем уменьшается до минимальных значений 0,11 при изменении Ж:Т в диапазоне от 0 до 0,4 соответствующих параметров кислотности в 25 – 15 г/л. Это падение свидетельствует о формировании коагуляционных эффектов при взаимодействии сернокислых растворов с рудосодержащими породами, препятствующих фильтрации растворов. Последующее постепенное

увеличение коэффициента фильтрации на трубке с 0,45 до 0,62 в диапазоне Ж:Т в диапазоне 0,4-1,4 обусловлено снижением кислотности рабочих растворов с 15 до 10 г/л и частичным уменьшением эффекта кольматации. Дальнейшее снижение кислотности в растворах не влияло на фильтрационный объем раствора. Параметры фильтра на:

В эксперименте 2 с жестким режимом кислотность рабочих растворов приблизительно соответствует значениям коэффициента фильтрации эксперимента 1, сходство обусловлено незначительной разницей в кислотности 5 г/л. Однако значительное снижение кислотности в рабочих растворах на

В эксперименте 3 добавление хлорида железа в качестве окислителя положительно повлияло на фильтрационные параметры эксперимента. В эксперименте 3 при начальном Кф 1,02 и дальнейшем снижении до 0,45. При изменении Ж:Т в пределах 0-0,5 она соответствует кислотности в рабочем растворе 15 г/л, что свидетельствует о незначительном формировании эффекта кольматации рудных песков. Последующее увеличение Кф с 0,45 до 1,5 при изменении Ж: Т с 0,5 до 1,5 при соответствующей кислотности 10 г / л подтверждает снижение эффекта кольматации в фильтрате. Повышенные значения Кф в эксперименте 3 по сравнению с экспериментами 1 и 2 свидетельствуют о пропорциональном влиянии кислотности на скорость фильтрации и формирование эффектов кольматации.

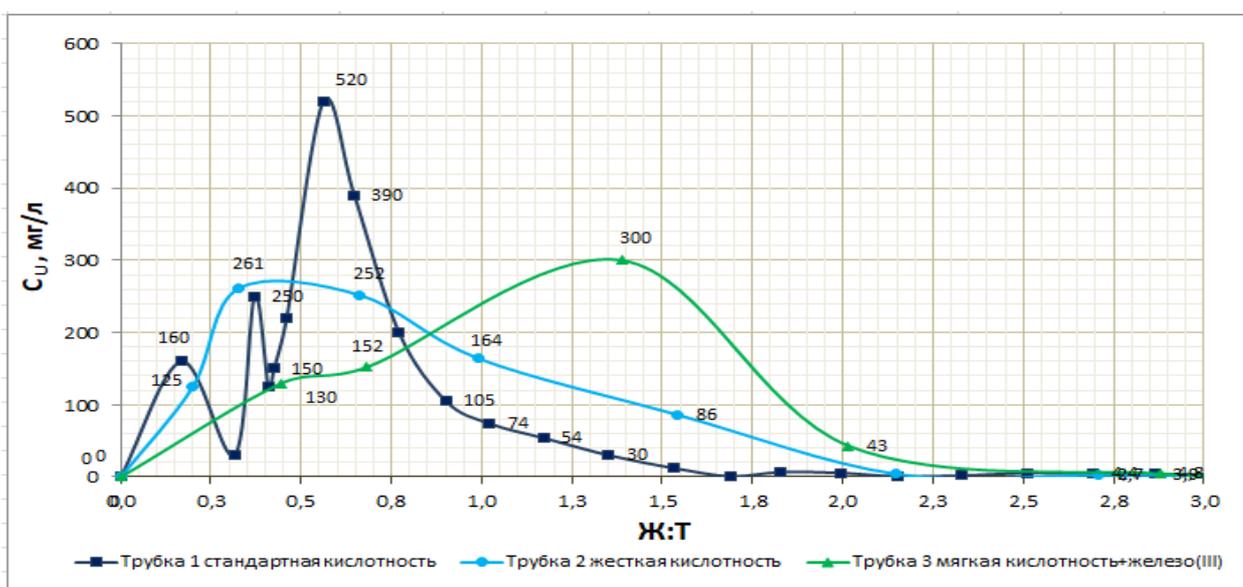


Рисунок 4.3 - Содержание урана в растворе по отношению Ж:Т [6]

В эксперименте 1 при выщелачивании растворами со стандартным режимом кислотности максимальное пиковое содержание урана 520 мг/л достигается при Ж: Т 0,561, после пересечения шельфа 250 мг/л и снижения до 125 мг/л. Это свидетельствует о постепенном преодолении порога растворимости и достижении активного выщелачивания с необходимым объемом раствора и кислоты. Однако дальнейшее снижение содержания урана

в растворе с 520 мг / л до минимальных значений 30 мг/л в диапазоне Ж:Т от 0,8 до 1,5 может быть связано со снижением кислотности рабочих растворов на 10 г/л.

В эксперименте 2 при выщелачивании в режиме жесткой кислотности содержание урана в выходном растворе достигает максимального пика 261 мг / л при F: T 0,326, при постепенном устойчивом снижении содержания урана в растворе с 252 мг / л до 164 мг / л, что свидетельствует об интенсивном преодолении порога растворимости и достижении активного выщелачивания урана на более ранней стадии.

В эксперименте 3 содержание урана постепенно увеличивали до 300 мг/л с соответствующим увеличением Ж: Т от 0 до 1,588 при выщелачивании урана с мягким режимом кислотности растворов и добавлении хлорида железа. Это также подтверждает постепенное преодоление порога растворимости слабыми растворами серной кислоты и последующее окисление и превращение четырехвалентного урана в растворимую форму при создании благоприятных условий для стабильного активного выщелачивания и окисления.

Содержание урана в растворах во всех опытах показало сходные максимальные пики, примерно соответствующие исходному содержанию урана, в зависимости от кислотности выщелачивающих растворов, что отразилось в различных значениях Ж:Т. Это свидетельствует о нейтрализации серной кислоты при взаимодействии с рудоносными породами и влиянии окислителя при переносе урановой минерализации в раствор эксперимента 3.

Для определения эффективности влияния растворов с пониженной кислотностью с добавлением окислителя на интенсификацию выщелачивания урана и сравнения ее с параметрами при стандартном и жестком режимах кислотности растворов были рассчитаны данные и построены графики извлечения урана. Значения степени извлечения урана являются наиболее информативными и показательными для эффективности процесса превращения урановых минералов в раствор с учетом отражения общей массы урана в выходных растворах и времени проведения процесса.

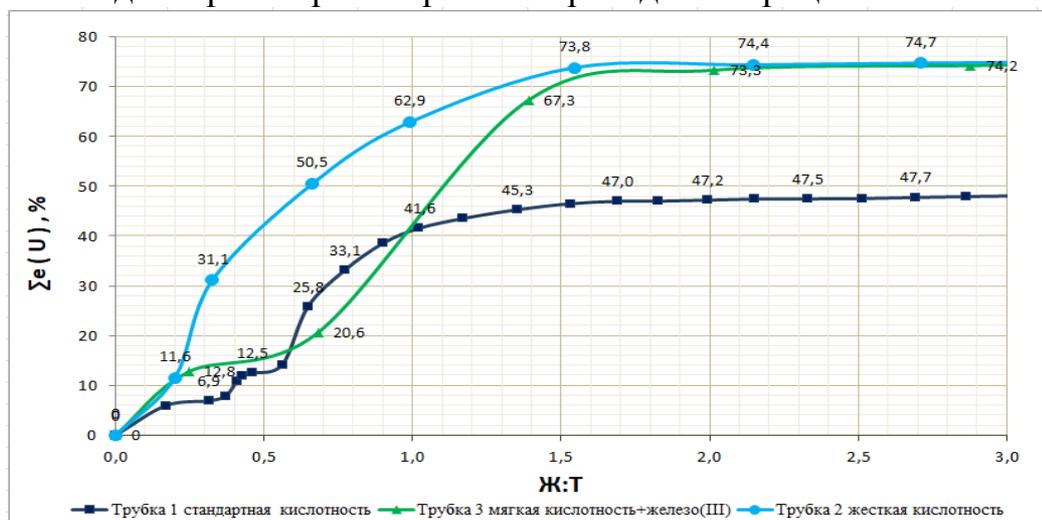


Рисунок 4.4 - Степень извлечения урана по отношению к Ж:Т [6]

Как видно из графика на рис. 4.4, максимальная добыча урана составляет:

В эксперименте 1 она достигла 48% от массы урана, содержащегося в образце, что свидетельствует о недостаточной растворимости рабочих растворов со стандартной кислотностью и низких значениях фильтрации. Увеличение извлечения урана в выходных растворах происходит в диапазоне Ж:Т от 0,5 до 1,0 от 14% до 40% с последующим замедлением извлечения при Ж:Т > 1, кислотность рабочих растворов в этом диапазоне была максимальной в 25 – 15 г/л. Данные экстракции коррелируют с графиком содержания урана в растворе, где пик максимального содержания урана в ПР приходится на диапазон Ж:Т от 0,5 до 0,8. Дальнейшее снижение извлечения урана в растворе обусловлено снижением содержания урана в растворе в результате снижения кислотности рабочих растворов с 15 до 10 г/л.

В эксперименте 2 извлечение урана происходит при параметрах Ж:Т от 0 до 1,5, которые достигли максимального значения 74%, что свидетельствует об интенсивном извлечении урана растворами со строгим режимом кислотности. В диапазоне Ж:Т от 0 до 1,5 кислотность растворов, подаваемых в трубку 2, была максимальной и составляла 25 – 20 – 15 г/л. Интенсивная экстракция обусловлена высоким содержанием урана в растворе 251-261 мг / л и соответствующими коэффициентами фильтрации раствора 0,44-0,54 в диапазоне Ж:Т от 0 до 1,0. Извлечение урана в эксперименте 3 при применении рабочих растворов с мягким режимом кислотности с добавлением хлорида железа достигало максимального пика 73,3% при изменении Ж:Т 1,5. Однако активное извлечение урана также происходило в диапазоне Ж:Т от 0,7 до 1,5, от 20,6 % до 67,3 %.

В эксперименте 3 в диапазоне Ж:Т 0,7 – 1,5 был достигнут порог растворимости и созданы условия для активного выщелачивания и взаимодействия железа (III) для окисления урана (IV) и перевода его в растворимую форму урана (VI), а также за счет высоких значений фильтрации 1,15 – 1,51 для оборота растворов [7].

Для определения экономической эффективности использования окислителя при интенсификации выщелачивания урана и сравнения с параметрами удельного расхода серной кислоты были построены графики из экспериментов.

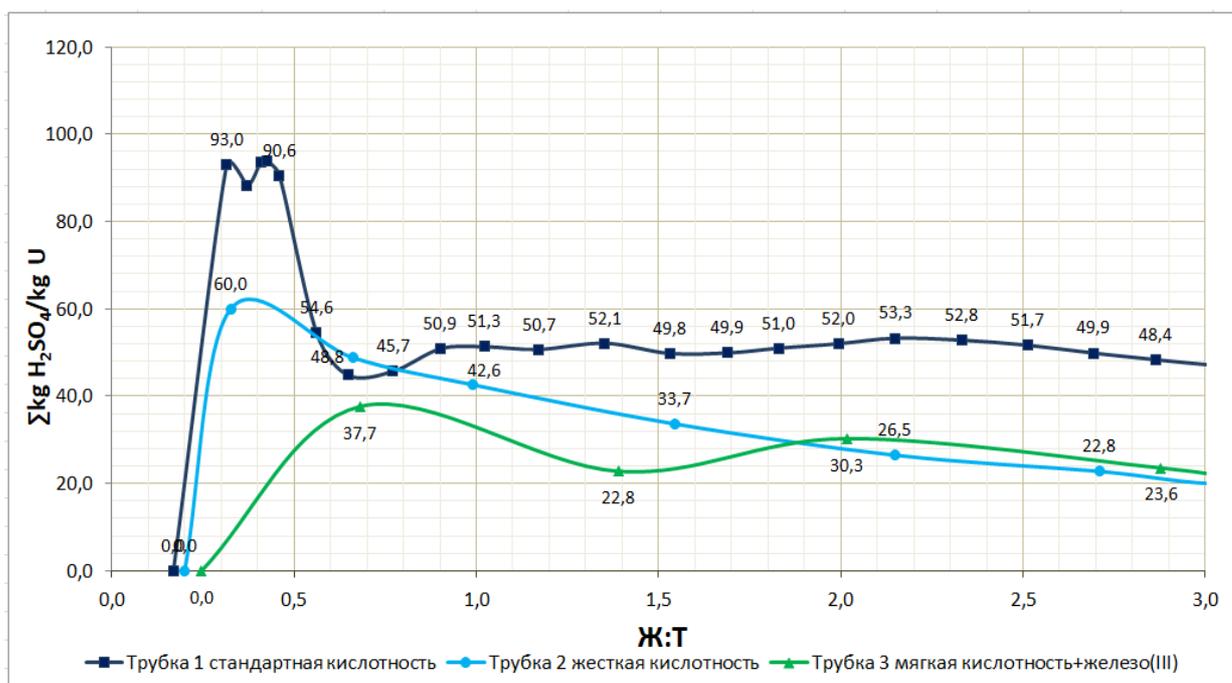


Рисунок 4.5 - Удельный расход серной кислоты по отношению Ж:Т [7]

Как видно из графика на рисунке 4.5 удельный расход серной кислоты:

В эксперименте 1 он достигает максимальной точки 90-93 кг/кг урана в диапазоне Ж:Т через 0,2 – 0,8, после чего резко падает до 48-50 кг/кг урана. Резкое увеличение удельного расхода серной кислоты связано с высокой кислотностью рабочих растворов и низкой степенью извлечения урана в соответствующий период Ж.:Т от 0 до 0,8. После увеличения извлечения урана с 25,8% до 47% в диапазоне Ж:Т с 0,647 до 1,689 наблюдается заметное снижение удельного расхода серной кислоты на 1 кг урана. Максимальные значения удельного расхода серной кислоты:

В эксперименте 2 при применении рабочих растворов с жестким режимом кислотность достигает до 60 кг/кг U при устойчивое снижение удельного расхода в эксперименте 2 с 60 до 22 кг/кг U происходит в диапазоне Ж: Т > 0,26, вплоть до конца эксперимента. Снижение удельных затрат в эксперименте 2 при строгом режиме кислотности рабочих растворов по сравнению с экспериментом 1 обусловлено более интенсивным извлечением урана в соответствующий период Ж: Т. Максимальные значения удельного расхода серной кислоты.

В эксперименте 3 они не достигают соответствующих показателей в эксперименте 2 и составляют 37,7 кг/кг U в период Ж:Т от 0,3 до 0,8, после чего снижаются до минимальных значений 22,8 кг/кг U. Последующее снижение удельного расхода серной кислоты в диапазоне Ж: Т > 0,8 обусловлено увеличением извлечения урана в соответствующем диапазоне Ж: Т. При сравнительном анализе удельного расхода серной кислоты наименьшие значения обнаружены в эксперименте 3 с мягким режимом кислотности рабочих растворов с добавлением хлорида железа в качестве окислителя. Снижение удельного расхода серной кислоты обусловлено

интенсивным извлечением урана за счет окислительного воздействия железа (III) на уран (IV) с переходом его в уран (VI) после его растворения.

В жестком режиме кислотности (эксперимент 2) удельный расход кислоты выше, чем в мягком режиме кислотности с добавлением окислителя, но ниже, чем в стандартном режиме кислотности (эксперимент 1), за счет интенсивного извлечения урана из трубки.

### **Выводы**

Минералогические и рентгенофазовые исследования рудоносных пород указывают на наличие в рудоносных породах глинистых минералов, составляющих значительных количества, и присутствие карбонатных минералов до 2% от общей массы, образующих сложные растворимые химические и механические осадки. Определение гранулометрического состава образцов показывает преобладание мелкозернистых песков 57 % в общей массе, которые препятствуют на коэффициент фильтрации растворов в продуктивном горизонте. Минералогические данные проб свидетельствуют о сложном строении продуктивного горизонта с низкими фильтрационными параметрами. Как показывает практика, в таких условиях процессы выщелачивания осложняются низким содержанием урана в ПР и низкими параметрами оборачиваемости раствора, что требует непрерывной интенсификации гидродинамическими методами.

Добавление хлорида железа в качестве окислителя в слабокислые сернокислые растворы положительно сказалось на интенсификации выщелачивания урана. Установлено, что увеличение концентрации кислоты в выщелачивающем растворе приводит к увеличению максимальной концентрации урана в выходном растворе и увеличению скорости выщелачивания. Оптимальной является концентрация, превышение которой приводит к резкому расходу кислоты и незначительному увеличению интенсивности извлечения урана. Величина оптимальной концентрации кислоты зависит от конкретных рудных минералов в исследуемых образцах.

## 5 Борьба с кольтатацией скважин в сложных участках месторождении Северный Харасан

ПСВ урана предполагает растворение полезного компонента химическим реагентом, в случае уранорудных предприятий Республики Казахстан - серной кислотой, на участке рудного тела с последующим удалением образующихся соединений, путем перемещения потока растворителя из нагнетательной скважины в нагнетательную скважину. В результате в недрах происходят различные физико-химические процессы, такие как образование газов, растворение отдельных минералов, перенос твердых взвешенных частиц с потоком раствора и выделение химических осадков в поровую среду. Практика эксплуатации систем геотехнологических скважин при эксплуатации урановых месторождений методом ПСВ показывает, что со временем происходит снижение их продуктивности. Как было описано выше, одной из основных причин снижения пропускной способности технологических скважин является увеличение гидравлических сопротивлений и снижение фильтрационных характеристик пласта за счет образования кольтатации, за счет осаждения веществ, растворенных в технологических растворах, или механического перемещения частиц рудосодержащего горизонта, а также газовых выбросов [10].

При решении задач кольтатации скважин прежде всего необходимо определить тип кольтатации скважин, а затем выбрать наиболее подходящие декольтатанты для обработки как фильтра, так и зоны фильтра [10].

Механическая кольтатация наблюдается в фильтрах из-за несоответствия отверстий фильтров гранулометрическому составу вмещающих пород. В результате механической кольтатации фильтрующие отверстия заклиниваются или закупориваются песком, глиной, гравием, в связи с чем удельный дебит скважин уменьшается.

Химическая кольтатация обусловлена нарушением химического состава пластовых вод в результате воздействия химического материала, используемого при подземном выщелачивании, и изменения гидродинамических параметров фильтрационного потока. Наличие в воде растворенных катионов кальция и магния, а также нарушение баланса углекислого газа приводят к образованию труднорастворимых осадков. В зоне фильтра происходит интенсивный выброс карбонатных осадков, причем интенсивность осадков уменьшается по мере удаления от них. Кольтатация газа чаще всего может быть вызвана выделением  $\text{CO}_2$  в реакциях кислоты с карбонатами. Это происходит, когда давление растворенного газа превышает гидростатическое давление в резервуаре. Поиск и изучение новых методов регенерации скважин для повышения эффективности процессов разработки урановых месторождений в сложных геологических условиях является важной задачей горнодобывающих предприятий. Основными методами восстановления или повышения проницаемости горных пород в призабойной зоне при проведении РВР являются физические, химические и

комбинированные методы [13].

При выборе технологии РВР необходимо исходить из возможности каждого способа обесцвечивания фильтров и прифильтровых зон скважин, а также учитывать гидрогеологические условия, технологию бурения, конструкцию скважины, фильтрацию и другие характерные факторы месторождения.

## **5.1 Ремонтно-восстановительные работы**

Современные технологии воздействия на призабойную зону пласта (ПЗП) с целью улучшения (или восстановления) фильтрационных свойств рудной массы (ГРМ) в этой зоне являются частью технологического цикла вскрытия и разработки уранового месторождения. Известно, что цикл разработки состоит из проектирования разработки блоков, техники выщелачивания урана из зубчатого ремня. При разработке геологических блоков методом подземного серноокислотного выщелачивания естественная проницаемость пород призабойной зоны снижается из-за ее загрязнения песком, глинами, карбонатом кальция или магния, которые одновременно содержат соли железа и марганца.

С целью восстановления или повышения проницаемости горных пород в призабойной зоне при ремонтно-восстановительных работах (РВР) применяются различные методы воздействия, которые подразделяются на: физические, химические и комбинированные. Выбор метода РВР зависит от гидрогеологических условий, технологии бурения, конструкции скважины, фильтра и других факторов. Эффективность РВР повышается при условии, что продуктивный горизонт имеет высокое давление пластовых вод и представлен устойчивыми породами без глинистых прослоек, с крупно- и среднезернистым песком, гравием и галькой.

Физико-гидродинамический метод регенерации скважин (эрлифтная откачка, пневмоимпульсная обработка, промывка, тампонирование, погружение) основан на удалении из пласта твердых и мелкодисперсных, пастообразных частиц с низкой прочностью, препятствующих фильтрации растворов.

Химический метод РВР (реагентная обработка) основан на взаимодействии химических реагентов, вводимых в пласт, с кольматирующими пластами, растворении и удалении их из скважины, как правило, путем перекачки.

В комбинированных методах РВР (импульсно-реагентных) используются импульсы сжатого воздуха в сочетании с раствором химических реагентов, действующих на пласт, образующий пласт.

Состояние эксплуатируемых геотехнологических скважин контролируется методами ГИС. Скважины, выведенные из эксплуатации в связи с их техническим состоянием и не подлежащие ремонту, ликвидируются или повторно бурятся.

Процесс проведения ремонтно-восстановительных работ технологических скважин описан в Технологическом регламенте группового рабочего технологического процесса извлечения урана в продуктивных растворах на участке "Харасан-2" месторождения "Северный Харасан". Настоящий Технологический регламент также устанавливает порядок ведения технологического процесса получения продуктивных растворов на подземном скважинном выщелачивающем руднике участка Харасан-2 (месторождение Северный Харасан).

Для оперативной работы и внедрения учета работ между отделом ГТП и РВР существует ежедневно обновляемая база данных всех геотехнологических скважин по следующим параметрам:

- Расход ПЭ в скважинах, -
- Межремонтный цикл геотехнологических скважин до и после РВР,
- Дата и данные внедрения ГИС,
- Дата проведения РВР и полученные результаты.

На основе анализа базы данных принимаются решения о дальнейших действиях.

В процессе проведения ремонтно-восстановительных работ технологических скважин участка "Харасан-2" Северо-Харасанского месторождения задействовано 82 человека, в том числе 8 человек из ИТ-отдела, а также используется следующее оборудование:

- 1) Установка для кислотной обработки скважин - 2 шт.;
- 2) Скважинный промывочный агрегат (УПОС) - 2 шт.;
- 3) Компрессорная установка марки XRVS-336-7 шт.;
- 4) Буровая установка URB 3A3 13-1 шт.

При проведении ремонтно-восстановительных работ на шахте "Харасан-2" собственными силами участка РВР используются следующие методы:

- промывка скважин с установкой (УПОС);
- химическая обработка скважин;
- откачка скважин компрессорами XRVS 336;
- восстановление дебита технологических скважин с помощью буровой установки УРБ 3А3 13.

## **5.2 Установка промывка скважин**

Это способ восстановления продуктивности скважин, заключающийся в подаче воды или специальных растворов в фильтровальную колонну для удаления песчаных пробок из отстойника и очистки фильтра от кольматанта, затем жидкость в скважине насыщается воздухом (воздушно-водяной смесью), затем, по принципу пылесоса, втягиваются растворенные кольматанты и механические суспензии.

Порядок проведения промывки скважин осуществляется в соответствии с Технологическим регламентом проведения ремонтно-восстановительных

работ по восстановлению дебита на технологических скважинах с использованием установки промывки скважин (УПОС) и Регламентом оператора по подземному ремонту скважин на проведение промывки технологических скважин буровой установкой УРБ-3А3.13.

Установка промывки скважины (УПОС) предназначена для очистки полости фильтра и зоны фильтра от песчаных заторов, механического прокаливания материалов путем прямой промывки, эрлифта и разработки. Также в данной установке предусмотрено применение химических реагентов для химической обработки скважин.

Эта скважинная промывочная установка (УПОС) может быть использована во всех пластово-инфильтрационных урановых месторождениях с глубиной геотехнологических скважин до 700-750 м.

Все технологическое оборудование установки УПОС монтируется на шасси автомобиля и прицепе автомобиля.

Спуск и подъем минометной трубы механизирован с помощью электродвигателя и редуктора.

Установка работает по принципу кольцевого эрлифта-внутри водоподъемного шланга имеется подвод воздуха. При работе кольцевого эрлифта в зоне контакта песчаной пробки и водоподъемной трубы образуется высокоскоростной поток жидкости, который разрушает песчаную пробку и выносит песок на поверхность. В условиях месторождения с пьезометрическим уровнем раствора выше дневной поверхности необходимо использовать метод прямой промывки, используя компрессорную установку в качестве разработки (после промывки).

В качестве минометной трубы используется полиэтиленовая труба RE100 D=40-50мм, стенка 7,9-4,9 мм, соответственно, труба подачи воздуха RE100 D-16мм, стенка 2 мм.

Работы по очистке технологических скважин от песка проводятся ремонтно-восстановительным участком РВР с необходимым оборудованием и оборудованием.

Решение о проведении пескоочистных работ на технологической скважине принимается оперативно-технической службой шахты на основании данных о дебите(приемистости), ГИС и требований технологического регламента разработки блока (ячейки);

Порядок проведения работ по очистке скважин от песка осуществляется в соответствии с " Планом РВР на \_\_\_ \_\_ \_\_ \_\_ \_\_ месяц \_\_\_ \_\_ \_\_ \_\_ \_\_ года»;

Результаты выполненных ремонтно-восстановительных работ заносятся в журнал " Итоги РВР за \_\_\_ \_\_ \_\_ \_\_ \_\_ месяц \_\_\_ \_\_ \_\_ \_\_ \_\_ года»;

Техническое руководство работами осуществляет техническая служба участка РВР;

Техническое обслуживание и эксплуатацию агрегата УПОС обеспечивает оператор-водитель компрессорной станции, имеющий соответствующую квалификацию, и водитель автомобиля (вспомогательный

рабочий).

Приемка скважины производится на основании показаний расходомера и измерения дебита в процессе разработки. Через сутки после проведения ремонта, на основании вышеуказанных данных, Акт выполненных работ по скважине подписывается мастером РВР, мастером ГТП и гидрогеологом шахты "Харасан-2".

### **5.3 Реагентная обработка скважин**

Химический метод восстановления продуктивности скважин, заключающийся в подаче специальных химических растворов в фильтровальную колонну и зону фильтра для растворения кольматирующих пластов.

Порядок химической обработки скважин осуществляется в соответствии с регламентом химической обработки и "Планом РВР".

Реагентная обработка скважин применяется в районах работ, характеризующихся сильной химической кольматацией, и в тех случаях, когда физические методы очистки фильтрующей колонны и фильтрующей зоны не дают положительного результата.

Реагентная обработка технологических скважин проводится после проведения ремонтно-восстановительных работ по удалению песчаных пробок, промывке фильтрующей колонны и отстойника, а также эрлифтной откачке скважины.

Работы по реагентной обработке технологических скважин выполняются операторами геотехнологических скважин (ГТС) совместно с операторами подземного ремонта скважин (ПРС) участка ГТП шахты "Хорасан-2" под руководством вахтового мастера или иного инженерно-технического работника участка ГТП.;

Решение о проведении работ по реагентной обработке технологической скважины принимается службой ГТД и участком ГТП шахты на основании данных о результатах применения предыдущих методов РВР, ГИС и требований технологического регламента по обработке скважины.;

Реагентные методы проведения РВР осуществляются следующими методами:

- обработка фильтров и фильтрующей зоны раствором серной кислоты
- обработка фильтров и фильтрующей зоны с использованием бифторида аммония.

Осуществляется подача кислоты в зону установки фильтра:

- принудительная подача насосом через шланг с герметизацией устья скважины.

Реагент Бифторид аммония представляет собой кристаллическую кислую соль плавиковой кислоты (HF). Его содержание в соли составляет 25-30%. Соляная кислота и водные растворы бифторида аммония очень агрессивны и требуют особого внимания при обращении с ними.

Образующаяся при растворении соли плавиковая кислота вступает в реакцию со многими металлами, разрушает силикатные минералы и стекло. Плавиковая кислота очень токсична.

Использование бифторидного комплекса при регенерации скважины - это способ восстановления продуктивности скважин, заключающийся в подаче специальных химических растворов в зону фильтра и прифильтровую зону для растворения кольматирующих пластов.

Реагентная обработка скважин применяется в районах работ, характеризующихся сильной химической кольматацией, и в тех случаях, когда физические методы очистки фильтрующей колонны и фильтрующей зоны не дают положительного результата.

Реагентная обработка технологических скважин проводится после проведения ремонтно-восстановительных работ по удалению песчаных пробок, промывке фильтрующей колонны и отстойника, а также эрлифтной откачке скважины.

После нанесения бифторидного комплекса необходимо откачать скважины передвижной компрессорной установкой XRVS.

Химические реагенты, используемые для приготовления бифторидного комплекса, условия хранения, воздействие на организм человека.

Концентрация серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) - не менее 92,5 %. Плотность реагента составляет 1,83 г / см<sup>3</sup>. Его доставляют в цистернах. Транспортировка и транспортировка осуществляется специальными транспортными средствами. Пожаро- и взрывозащищенные. Пары ядовиты. ПДК паров в воздухе рабочей зоны составляет 1 мг/м<sup>3</sup>. При контакте с кожей он вызывает сильные ожоги. Контакт с глазами может привести к потере зрения. Вдыхание последних паров может привести к потере сознания и серьезному повреждению легочной ткани.

**Бифторид** - это фторид аммония (БФА) ( $NH_4F \cdot HF + NH_4F$ ), его кислотность в пересчете на плавиковую кислоту составляет 25%, плотность реагента - 1,27 г/см<sup>3</sup>. Несмотря на то, что применение БФА требует повышенного расхода серной кислоты для приготовления рабочего раствора, реагент особенно удобен в труднодоступных местах, так как его можно хранить и транспортировать обычными способами. БФА поставляется в полиэтиленовых пакетах весом не более 50 кг. БФА хранится в крытых складах, защищая его от влаги. Продукт токсичен. Когда концентрация в воздухе превышает предельно допустимую норму (0,2 мг / м<sup>3</sup>), это может вызвать нарушение работы центральной нервной системы, заболевания костных тканей, глаз, кожи [7].

В местах, где хранятся химические вещества, необходимо установить знаки, указывающие на соответствующие реагенты, и предупреждающие знаки "Токсичные".

Все перечисленные выше вещества должны храниться в отдельном специально отведенном месте.

Применение реагента бифторида аммония в качестве химического

реагента при РВР должно быть всесторонне изучено как с экологической точки зрения, так и с точки зрения влияния на дальнейшую переработку продуктивных растворов.

#### **5.4 Эрлифтная прокачка**

Это гидроимпульсный способ восстановления продуктивности скважин, заключающийся в создании переменной депрессии на водоносном горизонте путем насыщения жидкости в скважине воздухом (воздушно-водной смесью).

Процедура откачки осуществляется в соответствии с Технологическим регламентом на эрлифтную откачку технологических скважин

Откачка скважин эрлифтом обычно применяется для удаления песчаных заторов, устранения последствий механической кольматации фильтров и является обязательной завершающей частью ремонтно-восстановительных работ при использовании других методов восстановления продуктивности скважин, таких как электроимпульсная и пневмоимпульсная обработка, тампонирующее, химическая обработка, для удаления разрушенного кольматационного материала и песка на поверхность.

Работы по эрлифтной откачке технологических скважин проводятся с помощью серийных мобильных компрессорных станций и вспомогательного оборудования, используя часть существующей технологической обвязки скважины и существующую инфраструктуру производственного комплекса.

В качестве водоподъемных труб используются обсадные трубы технологических скважин ПНД-110x18, ПВХ-90x8, ПВХ-195x18. В качестве труб подачи воздуха используется полиэтиленовый рукав из ПНД 40x6 мм.

Сжатый воздух подается в скважину с помощью мобильных компрессоров XRVS - 336 Cd производства Atlas Copco и DT 900-350 производства ELGI EQUIPMENT LIMITED

Работы по эрлифтной откачке технологических скважин выполняются участком ремонтно-восстановительных работ шахты с необходимым подготовленным персоналом и оборудованием.

#### **5.5 Метод Пневмоимпульс на пласт**

Пневмоимпульсный способ декольматации скважин на комплексах ПСВ урана является эффективным методом, применение способа обеспечивает декольматацию скважин и прискважинных зон как во вновь осваиваемых, так и в эксплуатирующихся скважинах в достаточно широком спектре геолого-технических условий (рис.5.1). Метод воздействия на призабойную зону скважин заключается в использовании энергии сжатого воздуха с последующей передачей ее столбу жидкости в скважине. Под действием этой энергии столб жидкости в скважине начинал совершать возвратно поступательные колебательные движения с частотой, равной собственной частоте колебания столба жидкости. Восстановление проницаемости

фильтров и прифильтровых зон происходит за счет пульсации воздушного пузыря и создание гидротоков знакопеременного направления под давлением 10-12 МПа. В результате пневмоимпульсного воздействия находящиеся на фильтровой поверхности и прифильтровой зоне глинистые осадки или химический коагулянт разрушается и выносятся гидротоком в скважину, откуда в последующем удаляются восходящим потоком раствора. К достоинствам пневмовзрыва можно отнести возможность регулирования его гидродинамических параметров и цикличности воздействия в широких пределах, доступность и безопасность рабочего реагента – воздуха. Пневмоимпульсная обработка позволила, ускорить процесс освоения скважин после бурения повысив степень их разглинизации [18].



Рисунок 5.1 - Оборудование Пневмо-Импульс [17]

Пневмоснаряд устанавливается внутри фильтровой трубы, и в рабочую камеру 1 подается сжатый воздух. В начальный момент давление по обе стороны золотника 3 равно, в связи с чем золотник находится в равновесном состоянии и перекрывает выхлопные окна 4. Как только давление воздуха повысится настолько, что превзойдет усилие, создаваемое пружиной 8 и гидростатическим давлением воды в скважине, клапан 7 начнет отходить от седла. При этом давление воздуха мгновенно распространяется на большую площадь, и клапан 7 быстро перемещается вниз, полностью открывая сечение канала. В связи с этим сжатый воздух из разрядной камеры сбрасывается в скважину, а между рабочей и разрядной камерами возникает разность давлений, под действием которой золотник 3 устремляется вниз и резко открывает выхлопные окна 4. Сжатый воздух врывается в скважинное пространство, и под действием возникающих при этом динамических нагрузок разрушаются и диспергируются отложения, препятствующие притоку воды в скважины. После выхлопа воздуха давление в рабочей камере уменьшится и клапаны 5 и 7 вернуться в первоначальное положение под действием усилия, создаваемого пружинами 6 и 8 (рис. 5.2).

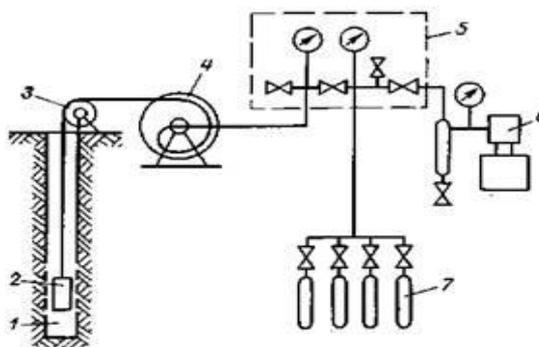


Рисунок 5.2 - Схема установки для пневмоимпульсной обработки скважин [19]

1 — скважина; 2 — пневмокамера; 3 — направляющий блок; 4 — лебедка; 5 — щит управления; 6 — компрессорный агрегат; 7 — воздухо-сборник.

Рукав высокого давления подает сжатый воздух в пневмоснаряд и одновременно используется в качестве троса для спуска и подъема снаряда. Он должен быть достаточно гибким, прочным, герметичным, износоустойчивым и должен выдерживать давление, не менее чем в 3 раза превышающее максимальное рабочее. Этим требо-

ваниям удовлетворяют рукава высокого давления с одной металлической оплеткой по ТУ .

Направляющий блок служит для направления рукава в скважину и его начальной центровки.

Лебедка выполняет спуско-подъемные операции пневмоснаряда в скважине. Для укладки рукава с жесткими соединительными узлами барабан лебедки должен иметь диаметр не менее 700 мм. Для подачи сжатого воздуха в движущийся пневмоснаряд конец рукава присоединяется к полуму валу, на котором установлен вертлюг. Электропривод *барабана* лебедки обеспечивает 6 — 10 об/мин, что соответствует линейной скорости движения рукава 0,25 — 0,4 м/с.

Компрессорный агрегат вырабатывает сжатый воздух и состоит из компрессора и соединенного с ним упругой муфтой электродвигателя. Для таких установок могут использоваться различные компрессорные агрегату, обеспечивающие сжатие воздуха до 20 МПа. В настоящее время наиболее широкое применение находит электрокомпрессор АК-2-150 или КР-2 Мелитопольского компрессорного завода.

Воздухосборник накапливает сжатый воздух и комплектуется из трех или четырех 40-литровых стандартных баллонов, установленных горизонтально в виде кассеты. Такая емкость воздухосборника достаточна для обработки фильтра [19].

Установка АСП-Т располагается на одноосном закрытом прицепе к грузовому автомобилю (рис. 5.4). Она укомплектована набором пневмокамер, предназначенных для обработки водозаборных скважин, работающих в

разных технико-геологических условиях. Сжатый воздух поступает в пневмокамеры от баллонов по гибкой пневматической магистрали высокого давления. Автономность установки и высокая ее производительность обеспечивается компрессором помощью которого производится дозаправка баллонов при пневмообработке скважин [19].

#### **Основные параметры аппарата АСП-ТМ**

Максимальное давление сжатого воздуха в баллонах, МПа 15,0

Максимальное рабочее давление воздуха в магистрали пневмо - 12,0  
камеры, МПа

Минимальное рабочее давление в пневмокамере, МПа 3,0

Рабочий объем пневмокамеры, см<sup>3</sup> 70, 200, 500

Диаметр пневмокамеры, мм 50, 75, 80

Частота срабатываний пневмокамеры, Гц 0,2 — 0,5

Суммарный объем сжатого воздуха, л 120

Минимальный диаметр обрабатываемой скважины, мм 70

Установка может эксплуатироваться в различных дорожных и погодных условиях при температуре жидкости в скважине от 4 до 50° С и окружающей среды от — 20 до +30° С [19].

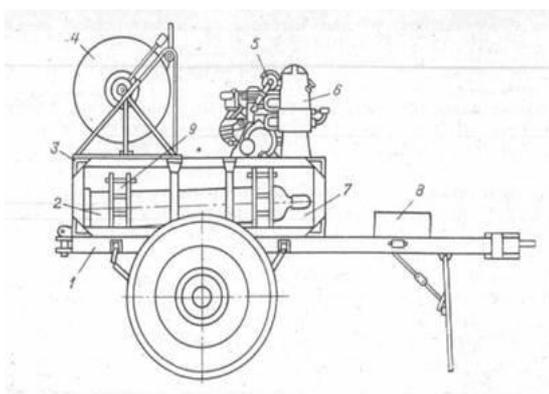


Рисунок 5.4 - Автоматическая скважинная пневматическая установка АСП-Т [19].

1 — одноосный придел; 2 — баллоны со сжатым воздухом; 3 — рама; 4 — лебедка; 5 — компрессор; 6 — ресивер; 7 — камера для баллонов; 8 — ящик для инструментов.

## **6 Экспериментальная часть**

### **6.1 Применение «Установка химической обработки фильтровой части скважин» для раскольматаций скважин**

Постоянная кольматация. Наиболее опасным процессом, способным приводить к постоянной (неустраняемой) кольматации, считается выпадение сульфата кальция (гипса) из 56 сернокислых растворов, обогатившихся ионами кальция за счет реакций с карбонатами - кальцитом и доломитом - и постоянно обогащающихся сульфат-ионом при доукреплении оборотных рабочих растворов серной кислотой. Выпадение гипса из растворов обуславливается его невысокой растворимостью, которая в пересчете на, безводную соль составляет для дистиллированной воды при 0° С - 1,76 г/л, при 40° С - 2,09 г/л;

Наибольшее распространение на практике, благодаря своей доступности и высокой эффективности, получил метод химической обработки скважин. Принцип действия этого метода заключается в подаче в прифильтровую зону скважины химических реагентов, растворяющих или разрыхляющих кольматирующие соединения, которые удаляются последующей прокачкой скважин. Реагент подается в скважину наливом через устье, либо непосредственно в зону фильтра и выдерживается в ней определенное время, необходимое для растворения кольматантов. После окончания обработки скважину тщательно прокачивают, производят необходимые замеры и скважину запускают в работу.

Объем растворов для обработки скважины выбирают в зависимости от мощности пласта, намеченного к обработке, требуемой глубины проработки прифильтровой зоны, химического состава кольматанта, физических свойств пласта (пористости, проницаемости), степени закольматированности. Концентрацию применяемых для обработки химического состава кольматантов. К РВР с химическим воздействием относятся реагентные обработки скважин растворами серной кислоты.

Для увеличения коэффициента использования скважин и оптимизации затрат на РВР необходимо провести работы с использованием оборудования установка химической обработки фильтровой части скважин для раскольматаций скважин.

Передвижная установка предназначена для проведения химической обработки непосредственно фильтровой части технологических скважин, эксплуатируемых в условиях ПСВ урана (рис. 6.1). Передвижная установка позволяет безопасно перекачивать, приготавливать, транспортировать и подавать различные виды декольматирующие растворы химических реагентов, непосредственно в фильтровую часть технологической скважины. Передвижная установка рассчитана на эксплуатацию в макроклиматическом районе с умеренным и холодным климатом, категорией размещения 1 по

ГОСТ 15150-69 при температурах окружающего воздуха от минус 40<sup>0</sup>с до плюс 40<sup>0</sup> С.



Рисунок 6.1 - Установка химической обработки фильтровой части скважин [19]

Передвижная установка является самоходной автомашиной, смонтированная на шасси грузового автомобиля КАМАЗ повышенной проходимости и состоит из:

- автомобильного шасси;
- платформы с термостойким фургоном, смонтированная на раме шасси;
- место для обслуживающего персонала с отоплением;
- спуск подъемного оборудования с гибким грузонесущим рукавом (800 м);
- емкость-цистерна с гибким рукавом для приготовления и хранения декольматирующих растворов химических реагентов;
- заправочного насоса с гибким рукавом для укрепления соляной кислотой;
- нагнетающего насоса с системой трубопроводов;
- синхронный генератор с коробкой отбора мощности;
- вспомогательного оборудования и инструмента;
- комплекта запасных частей (ЗИП);
- комплект средств индивидуальной защиты (СИЗ) (рис. 6.2).

Приготовление декольматирующего раствора объемом 3 м.куб;

- Подача декольматирующего раствора в скважину насосом при подаче в 3 м3 /час и давлении 15 бар; •

Объем подаваемого декольматирующего раствора контролируется при помощи электронного уровнемера, с показывающим электронным блоком расположенный на приборной панели щита управления;

- Подъем и равномерная намотка рукава на барабан - лебедки осуществляется укладчиком рукава что значительно упрощает работу оператора химической обработки скважин [19].

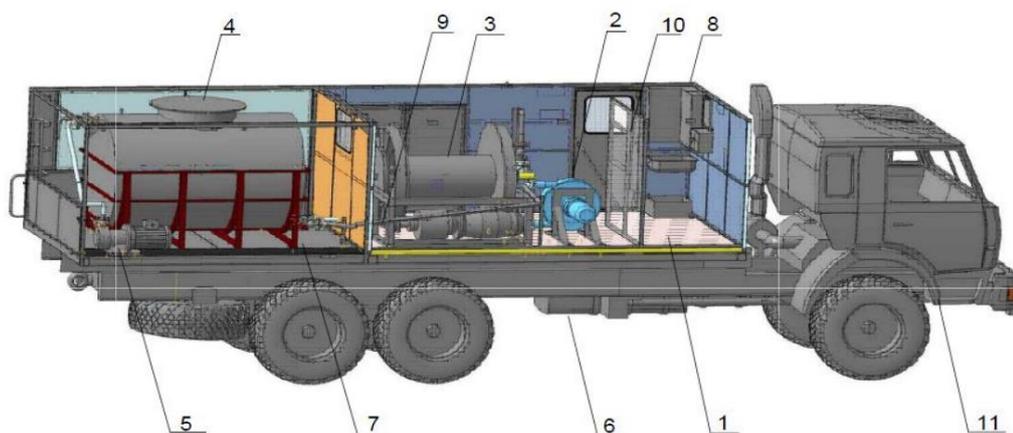


Рисунок 6.2 - Схема оборудования установки химической обработки фильтровой части скважин [19]

- 1 - Передвижная установка включает: рабочую площадку,
- 2 - нагнетающий насосный агрегат,
- 3- спуск-подъемное устройство,
- 4 - емкость,
- 5 - заправочный насос,
- 6 - генератор синхронный,
- 7 - платформа емкостного оборудования,
- 8 - пункт СИЗ,
- 9 - систему трубопроводов,
- 10 - пульт управления СПО и насосным агрегатом,
- 11 - шасси автомашины КАМАЗ 43118-3090-46 с коробкой отбора мощности.

Таблица 6.2 – Количественное сравнение ремонтно-восстановительных работ по видам за 2020 г на участках «Харасан-2», «Хорасан-1» Месторождения Северный Харасан

ВИД РВР	Компрессорная прокачка	Пневмоимпульсная обработка	Тяжелый РВР	Хим. обработка
Участок «Харасан-2»	6783	-	59	1887
Участок «Хорасан-1»	4458	2278	188	276

Из таблицы 6.1 видно, что, несмотря на схожесть геологического строения участков «Харасан-2» и «Хорасан-1», а также идентичности проведения процесса добычи количественные показатели проведения ремонтно-восстановительных работ разнятся. Разница обусловлена решением

предприятия выбором методов проведения ремонтно-восстановительных работ.

Сравнительный анализ эффективности видов РВР проводимых на месторождении «Северный Хорасан» участках «Хорасан-2» и разницы производительности дебита и приемистости с применением оборудования (рис 6.3).



Рисунок 6.3 - Средние значения МРЦ дней по видам работ [19]

## 7 Экономическая часть

### 7.1 Эффективность выщелачивания наличия глинистых минералов применением добавления хлорида железа

Рентгенофазовые исследования рудоносных пород указывают на наличие в рудоносных породах глинистых минералов, составляющих 28,4%, и присутствие сульфата кальция 7,5% от общей массы, образующих сложные растворимые химические и механические осадки. Определение гранулометрического состава образцов показывает преобладание мелкозернистых песков 57% в общей массе, которые препятствуют фильтрации растворов в продуктивном горизонте. Полученные данные свидетельствуют о сложном строении продуктивного горизонта с низкими фильтрационными параметрами. Как показывает практика, в таких условиях процессы выщелачивания осложняются низким содержанием урана в ПР и низкими параметрами оборачиваемости раствора, что требует непрерывной интенсификации гидродинамическими методами.

Добавление хлорида железа в качестве окислителя в слабокислые сернокислые растворы положительно сказалось на интенсификации выщелачивания урана. Снижение кислотности рабочих растворов значительно повышает фильтрационные характеристики образцов, за счет окислительной способности железа (III) и урана (IV) содержание урана в растворах достигало расчетных значений 300 мг/л. Приведенные значения удельного расхода серной кислоты в 37 кг/кг урана свидетельствуют об экономической целесообразности применения окислителей на начальном этапе выщелачивания урана, особенно в сложных горно-геологических условиях, в районах с высоким содержанием урана (IV). Поэтому повышение фильтрационных характеристик продуктивного горизонта приведет к интенсивной разработке блоков и снижению эксплуатационных затрат, затрат электроэнергии и труда. Установлено, что увеличение концентрации кислоты в выщелачивающем растворе приводит к увеличению максимальной концентрации урана в выходном растворе и увеличению скорости выщелачивания. Однако увеличение концентрации кислоты не всегда приводит к увеличению ее удельного расхода. Оптимальная концентрация кислоты определяется на основе анализа зависимости степени и времени экстракции, соотношения Ж/Т, стоимости реагента от концентрации кислоты в рабочем растворе. Оптимальной является концентрация, превышение которой приводит к резкому расходу кислоты и незначительному увеличению интенсивности извлечения урана. Величина оптимальной концентрации кислоты зависит от конкретных рудных минералов в исследуемых образцах

## 7.2 Количественно-качественный анализ ремонтно-восстановительных работ на участке «Харасан-2» месторождения Северный Харасан

При проведении работ по восстановлению скважин учитывается не только технологическая необходимость скважины, но и экономическая эффективность от восстановления данной скважины. В стоимость добытого урана включается не только бурение и включение ее в операцию добычи, но и планируемый ремонт скважины. Выбор метода восстановления скважины зависит от техногенных причин, приведших к остановке либо к снижению продуктивности технологической скважины. Чем сложнее проблема, тем дороже обходится восстановление скважины.

Ниже на рисунках 7.1-7.2 приведены сравнительные графики количества и доли расходов на каждый вид проведенных РВР в 2020 гг. на участках «Харасан-2» и «Хорасан-1»



Рисунок 7.1 – Расходы (тенге) на проведения ремонтно-восстановительных работ за 2020 г.

В таблице 7.1 приведены сравнительные данные по себестоимости и суммы затрат на восстановление технологических скважин из которых следует, что значительную часть расходов на проведение ремонтно-восстановительных работ технологических скважин на участках «Харасан-1» и «Хорасан-2» занимает метод эрлифтной прокачки передвижными компрессорными установками XRVS 336. Сумма затрат на участке «Харасан-2» в 2017 году составила 712 293 800 тенге.

Таблица 7.1. – Себестоимость ремонтно-восстановительных работ по видам за 2017 г. на участках «Харасан-2», «Хорасан-1»

Наименование статей	ТОО «Байкен-У»			ТОО «СП «Хорасан-У»		
Объем добычи урана, тонн	1757,376			1 629,768		
Средняя глубина скважин, м	650			650		
Количество технологических скважин						
откачных	422			335		
закачных	1365			976		
наблюдательных	105			140		
Вид РВР	Участок «Харасан-2»			Участок «Хорасан-1»		
	Стоимость РВР 1 скважины, тыс. тенге	Количество РВР	Общая сумма, тыс. тенге	Стоимость РВР 1 скважины, тыс. тенге	Количество РВР	Общая сумма, тыс. тенге
Компрессорная прокачка	86,8	6783	588 764,4	80,0	4458	356 640,0
Пневмоимпульсная обработка	-	-	-	38,8	2278	88 386,4
Тяжелый РВР	996,7	59	58 805,3	119,5	188	22 466,0
Хим. обработка	34,3	1887	64 724,1	89,1	276	24 591,6

Наиболее дорогостоящим способом восстановления продуктивности скважин является обработка буровых установок (тяжелый тип РВР). Однако, несмотря на высокую стоимость данного метода в современных условиях ПВ для восстановления технологических скважин, имеющих ценность для будущей добычи, имеет смысл провести экономическую оценку применимости данного метода после проведения экономической оценки. В 2020 году на проведение данного вида РВР на площадке "Харасан-2" было потрачено 58 805 300 тенге (таб.7.1).

Все виды ремонтных работ и способы их выполнения показали свою эффективность в восстановлении дебита технологических скважин в соответствии с нормативными документами.

Более эффективно использовать метод РВР «Установка химической обработки фильтровой части скважин» с минимальным количеством оборудования, наименьшими трудозатратами без сокращения межремонтного цикла технологических скважин.

Предлагаемый подход РВР является оптимальным с точки зрения экономического подхода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описана геотехнологические, гидрогеологическое, морфологическое особенности сложных участков месторождения Северный Харасан, подробно изучено геолого-структурная характеристика.

Отобран, подготовлен и установлен анализ вещественного состава керновых проб из месторождения Северный Харасан, определены и изучены вещественного состава породообразующих минералов, Особенности минерального состава песков образца керновых проб заключаются в следующем:

- отмечено незначительное содержание карбонатов в составе классов песка и алевролита, присутствие карбонатов в классе глины.

- высокое содержание структурно совершенного монтмориллонита, как в песчаном классе (3,5% в составе агрегатов), так и в алевролитно-глинистом классе (35-68%).

- наличие большого количества (в составе алевролитно-глинистого класса) структурно-совершенных монтмориллонитовых и карбонатных пород отрицательно влияет на скорость выщелачивания урана.

Методом рентгенофазового анализа установлены и обсуждены особенности минерально-фазовый состав алевролитовых и глинистых минералов и влияние их на процессы выщелачивания и факторы, влияющие на снижение фильтрационных характеристик продуктивных пластов. В результате проведения опытного сернокислотного выщелачивания урана в песках пробы происходят следующие процессы, вызывающие изменение минерального состава:

- Разрушение урановых минералов.
- Разрушение карбонатов
- Набухание и разрушение глинистых минералов.
- Образование различных сульфатных солей, образование и осаждение гипса

Разработана методика совершенствование их отработки и проведены экспериментальные опыты в лабораторных условиях по выщелачиванию урана из керновых проб в трубках, где в качестве окислителя в различных режимах кислотности рабочих растворов применяли хлорид железа (III). Добавление хлорида железа в качестве окислителя в слабокислые сернокислые растворы положительно сказалось на интенсификации выщелачивания урана. Установлено, что увеличение концентрации кислоты в выщелачивающем растворе приводит к увеличению максимальной концентрации урана в выходном растворе и увеличению скорости выщелачивания. Оптимальной является концентрация, превышение которой приводит к резкому снижению расхода кислоты и незначительному увеличению интенсивности извлечения урана.

Как было описано выше, одной из основных причин снижения пропускной способности технологических скважин является увеличение

гидравлических сопротивлений и снижение фильтрационных характеристик пласта за счет образования химической кольматации. Все виды ремонтных работ и способы их выполнения показали свою эффективность в восстановлении дебита технологических скважин в соответствии с нормативными документами.

Более эффективно использовать методу РВР "Установка химической обработки фильтровой части скважин" с минимальным количеством оборудования, наименьшими трудозатратами без сокращения межремонтного цикла технологических скважин.

Предлагаемый подход РВР является оптимальным с точки зрения экономического подхода.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демехова Ю.В., Ибраева Б.М., Поезжаев И.П., Полиновский К.Д., Горбатенко О.А., Панова Е.Н., Буленова К.Ж., Карманов Е.М., Блынский П.А., Битовт О.А. Геотехнология урана. Алматы: Қазақ университеті, 2017.-328с;
2. Б.Р. Ракишев, М.М. Матаев, Ж.С. Кенжетаев. Исследование минералогического состава осадкообразований в условиях скважинной добычи урана./ Горный информационно-аналитический бюллетень/ 2019;(7):123-131.
3. Ю.В. Демехова. Б.М.Ибраева. Геотехнология урана. Учебное пособие. Алматы 2017.стр 210.
4. Вершков А.Ф. Книга 1. Геологическое строение участка Харасан-2 и Юго-восточного фланга месторождения Северный Харасан. Алматы 2018.стр 45-57.
5. Забазнов, В.Л. Виды кольматации скважин при подземном скважинном выщелачивании урана и методы борьбы / В.Л. Забазнов, А.П. Патрин, В.М. Зинченко, А.А.
6. Юсупов, Х.А. Повышение эффективности отработки сложных гидрогенных месторождений урана с применением пероксида водорода / Х.А. Юсупов, Д.А. Джакупов, Е.С. Башилова // Горный журнал Казахстана. – 2018. - №2. – С. 18-21.
7. Юсупов, Х.А. Применение бифторида аммония для химической обработки скважин при подземном выщелачивании урана / Х.А. Юсупов, С.Б. Алиев, Д.А. Джакупов, Е.А. Ельжанов // Горный журнал. – 2017.- №4. – С. 57-60.
8. Носков, М.Д. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания: учеб. пособие / М.Д. Носков. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010. – 83 с.
9. Инструкция по подземному скважинному выщелачиванию урана: методические рекомендации / В.Г. Язиков [и др.]. – Алматы: НАК Казатомпром, 2006. – 307 с.
10. Битимбаев, М.Ж. Химическая кольматация и способы ее устранения при подземном выщелачивании металлов / М.Ж. Битимбаев // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. - 2009. - №2. - С. 122-125.
11. Филиппов, А. П. Лигносulfонат аммония – добавка, интенсифицирующая сернокислотное выщелачивание урана из руд / А.П. Филиппов, Ю.В. Нестеров // Химическая технология. - 2001. - №8. - С. 21-25.
12. Филиппов, А. П. Опытные-промышленные испытания подземного выщелачивания урана с использованием  $\text{HNO}_2$  в качестве окислителя / А.П. Филиппов, Ю.В. Нестеров // Горный журнал. - 2004. - № 10. - С. 52 - 55.
13. Молчанов, А.А. Повышение эффективности добычи урана из месторождений гидрогенного типа, разрабатываемых методом подземного скважинного выщелачивания Республики Казахстан (на примере

месторождения восточный Мынкудук) / А.А. Молчанов, Ю.В. Демехов // Актуальные проблемы урановой промышленности VII междунар. конф: сб. науч. работ. – Алматы: НАК Казатомпром, 2014. – С. 92-98.

14. О. В. Сидоренко «Методическое руководство по определению относительных количеств глинистых минералов» Москва. ИГ иРГИ. 1983 год.

15. Под редакцией В. А. Франк-Каменецкого «Рентгенография основных типов породообразующих минералов» Ленинград. Недра. 1983 год.

16. О. М. Мдивнишвили, Н.П. Вяхирев, Л. Я. Уридия. Журнал РМС. «Структурное и физико-химическое изучение продуктов кислотной обработки глиин» Москва. Недра. 1971 год.

17. Регламент проведения ремонтно-восстановительных работ по восстановлению дебита технологических скважин рудника способом пневмоимпульсная обработка в комплексе с эрлифтной прокачкой рудника «Центральный Мынкудук»от 2016г.

18. Молчанов А.А. Дмитриев Д.Н, Ушкало В.А. Аппаратура импульсного упругого воздействия на нефтяные пласты «Приток – 1» для интенсификации режима работы нефтегазовых скважин. НТВ «Каротажник». – Тверь, 1998. – Вып. №50. – С 16-21.

19. Романенко В. А. Вольницкая Э.М Восстановление производительности водозаборных скважин. — Л.: Недра, 1986. — 112с

## Сокращение и условные обозначения

ПСВ – подземное скважинное выщелачивание;  
ОПВ – опытно промышленное выщелачивание;  
РТ – рудное тело;  
ОВП – Окислительный восстановительный потенциал  
ГРМ – горнорудная масса;  
ФК – фильтровая колонна;  
ЗС – закачная скважина;  
ОС – откачная скважина;  
ВР – выщелачивающий раствор;  
ПР – продуктивный раствор;  
ТР – технологический раствор;  
РВР – ремонтно-восстановительные работы;  
 $V_{\phi}$  – скорость фильтрации;  
 $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации;  
ЗПО – зона пластового окисления;  
РФА- рентгенофазовый анализ  
ММ- монтморрилонит  
КА-каолинит  
МС-маточник сорбции  
ГКЗ-геологическая комиссия запасов  
МБС-10-бинокулярный микроскоп  
ГТП- Геотехнологическое поле  
ГТС- Геотехнологические скважины  
ПРС- Подземный ремонт скважины  
ГРК-Горно-рудное комплекс

## Приложение А

### Геологическая карта урановых месторождений

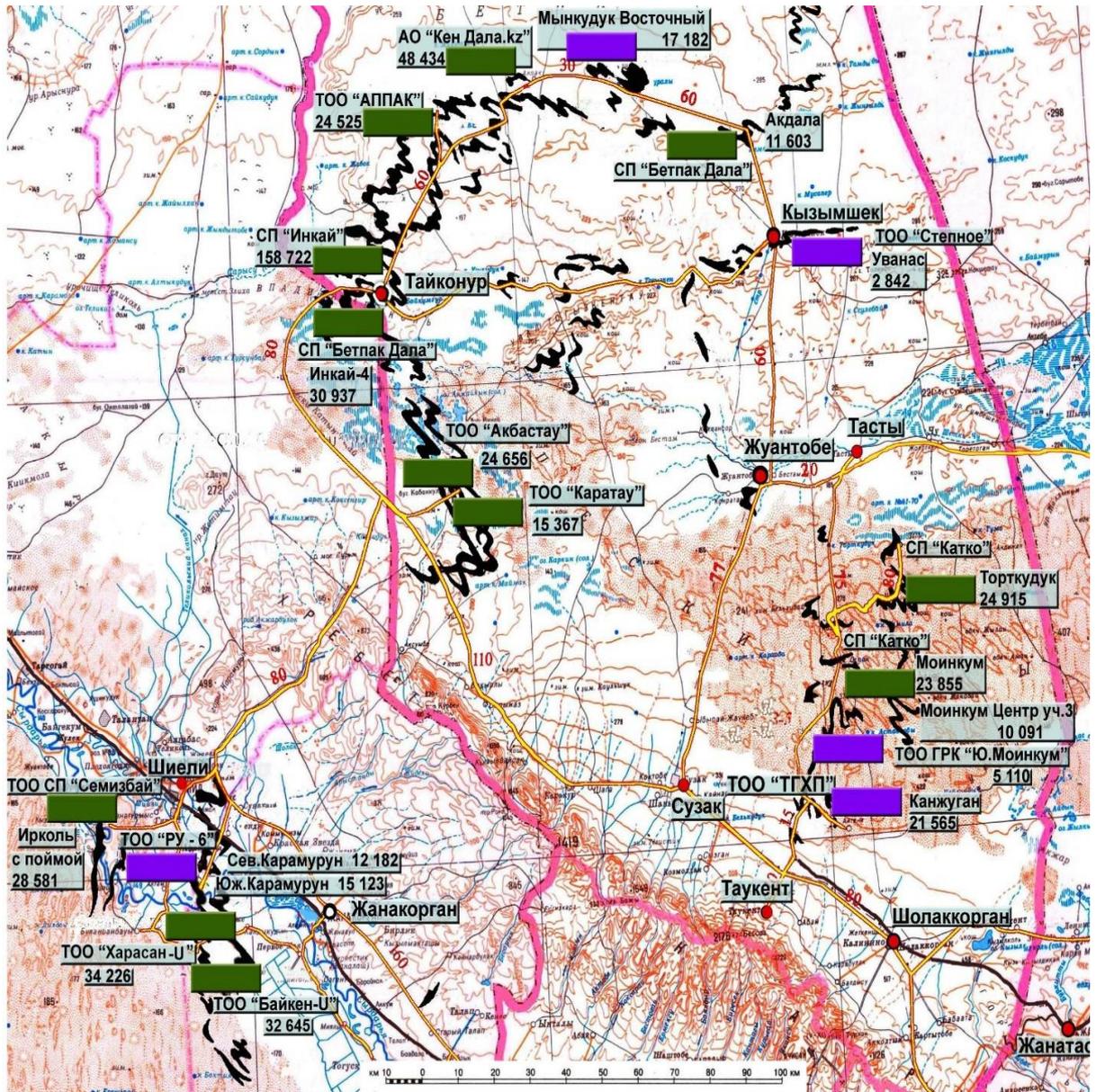


Рисунок 1 Карта расположения Чу-Сарысуйской и Сырдарьинской урановорудных провинций Казахстана [4]

# Приложение Б

## Геологическая разрез месторождения «Северный Харасан» Участок «Харасан-2». Залежь б (маастрихт)

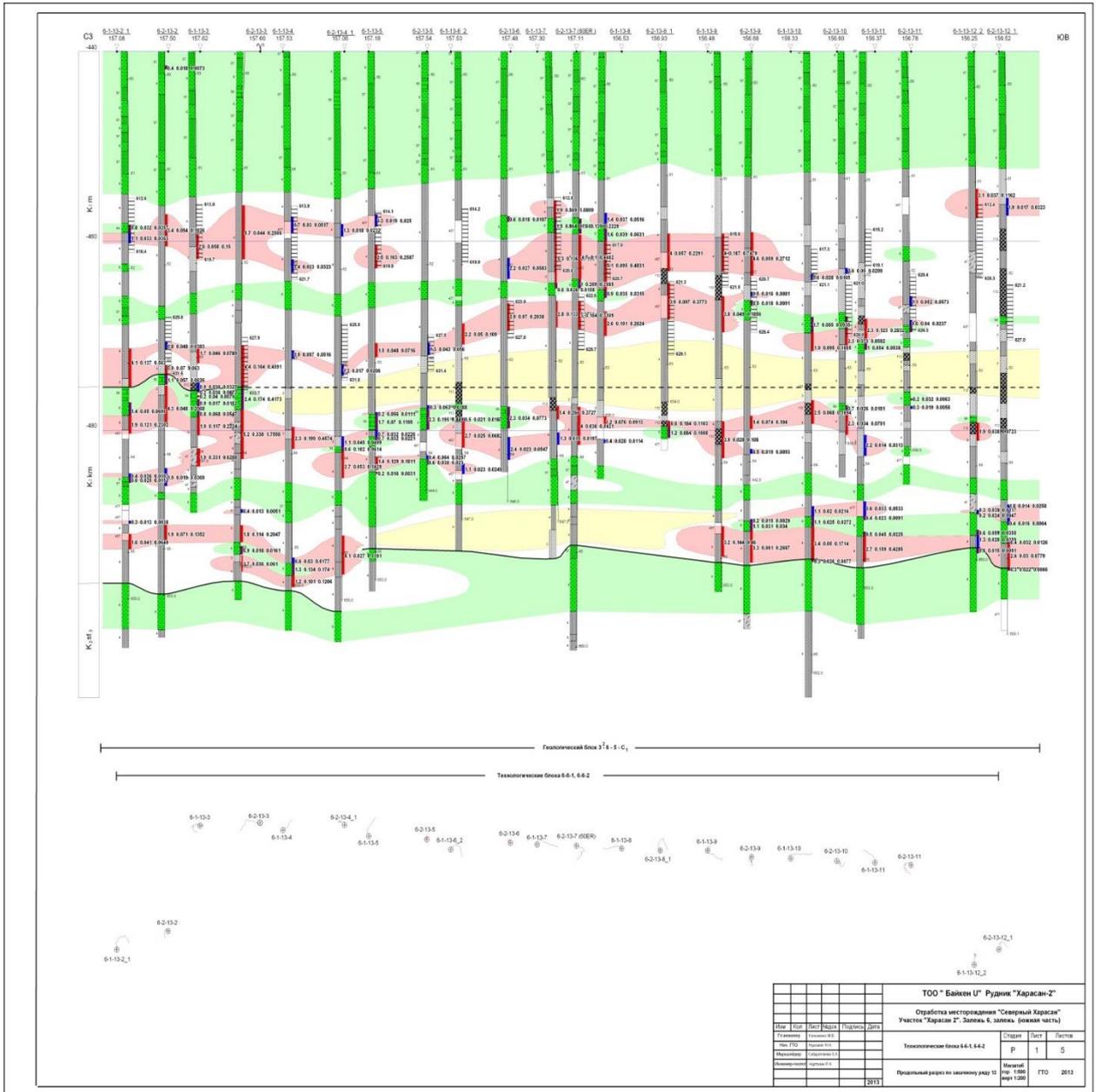


Рисунок 2 - Продольный разрез по закачному ряду

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический  
университет имени К.И. Сатпаева

**ОТЗЫВ**  
**на магистерскую диссертацию на соискание**  
**академической степени магистра геологии**

Казанбаев Жанболат Сейтханович  
По специальности «7М07218 – Геология и разведка  
месторождений полезных ископаемых»  
(профильное направление)

На тему: «Геотехнологические особенности сложных участков и совершенствование их отработки на примере Северный Харасан»

Магистерская работа Казанбаева Жанболата Сейтхановича актуальна и имеет большое практическое значение и связана с отработкой урановых руд на месторождении пластово-инфильтрационного типа. В диссертационной работе описываются методы усовершенствования отработки, которые в свою очередь в разы улучают процессы отработки урановых руд на примере месторождения «Северный Харасан».

В ходе лабораторной, рентген-фазовом исследовании, выявлено характеристика породобразующих минералов в основном влияет снижения пропускной способности технологических скважин является увеличение гидравлических сопротивлений, виде разбухание глин и снижение фильтрационных характеристик пласта за счет образования химической кольматации.

Автор работы Казанбаев Жанболат Сейтханович внес личный вклад в разработку данной проблемы. На основе изучения геологических данных месторождения Северный Харасан был выработан комплекс мер по борьбе с кольматацией. Все виды ремонтных работ и методы их выполнения показали свою эффективность по восстановлению дебита технологических скважин согласно регламентам.

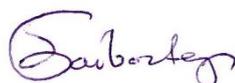
Более эффективным является применение нового метода РВР «Установка химической обработки фильтровой части скважин» с минимальным количеством оборудования, наименьшими трудозатратами без снижения межремонтного цикла технологических скважин и добавление хлорного железа в качестве окислителя в растворы серной кислоты

с пониженной кислотностью положительно повлияло на интенсификацию выщелачивания урана.

Предлагаемый метод РВР является целесообразным в плане экономического подхода.

Автором опубликован одна научная статья. Магистерская работа Казанбаева Жанболата Сейтхановича базируется на результатах собственных исследований автора, полученных при непосредственном его участии на месторождении Северный Харасан, рудника «Харасан-2», стилистически грамотна и может быть рекомендована к защите по специальности 7МО7218 - Геология и разведка месторождений полезных ископаемых с отличной оценкой (95%).

**Научный руководитель**  
Доктор PhD, сениор  
Лектор каф. «ГСПиРМПИ»



Байбоз А.Р

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический  
университет имени К.И. Сатпаева

**ОТЗЫВ**  
**на магистерскую диссертацию на соискание**  
**академической степени магистра геологии**

Казанбаев Жанболат Сейтханович  
По специальности «7М07218 – Геология и разведка  
месторождений полезных ископаемых»  
(профильное направление)

На тему: «Геотехнологические особенности сложных участков и совершенствование их отработки на примере Северный Харасан»

Магистерская работа Казанбаева Жанболата Сейтхановича актуальна и имеет большое практическое значение и связана с отработкой урановых руд на месторождении пластово-инфильтрационного типа. В диссертационной работе описываются методы усовершенствования отработки, которые в свою очередь в разы улучают процессы отработки урановых руд на примере месторождения «Северный Харасан».

В ходе лабораторной, рентген-фазовом исследовании, выявлено характеристика породобразующих минералов в основном влияет снижения пропускной способности технологических скважин является увеличение гидравлических сопротивлений, виде разбухание глин и снижение фильтрационных характеристик пласта за счет образования химической кольматации.

Автор работы Казанбаев Жанболат Сейтханович внес личный вклад в разработку данной проблемы. На основе изучения геологических данных месторождения Северный Харасан был выработан комплекс мер по борьбе с кольматацией. Все виды ремонтных работ и методы их выполнения показали свою эффективность по восстановлению дебита технологических скважин согласно регламентам.

Более эффективным является применение нового метода РВР «Установка химической обработки фильтровой части скважин» с минимальным количеством оборудования, наименьшими трудозатратами без снижения межремонтного цикла технологических скважин и добавление хлорного железа в качестве окислителя в растворы серной кислоты

с пониженной кислотностью положительно повлияло на интенсификацию выщелачивания урана.

Предлагаемый метод РВР является целесообразным в плане экономического подхода.

Автором опубликован одна научная статья. Магистерская работа Казанбаева Жанболата Сейтхановича базируется на результатах собственных исследований автора, полученных при непосредственном его участии на месторождении Северный Харасан, рудника «Харасан-2», стилистически грамотна и может быть рекомендована к защите по специальности 7МО7218 - Геология и разведка месторождений полезных ископаемых с отличной оценкой (95%).

**Научный руководитель**  
Инженер-геолог рудника «Хорасан-2»



Черикбаев Б.Б.

Ф КазНИТУ 704-21. Отзыв научного руководителя

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический  
университет имени К.И. Сатпаева

**РЕЦЕНЗИЯ**

на магистерскую диссертацию

Казанбаева Жанболата Сейтхановича

Специальность 7М07218 - Геология и разведка урановых  
месторождений полезных ископаемых/Геотехнология.

**Тема:** «Геотехнологические особенности сложных участков и совершенствование их отработки на примере Северный Харасан»

Тема проекта привлекательна не только актуальностью, но и практикой для сегодняшнего дня, так как от эффективности внедрения современных методов РВР и разработана методика совершенствование их отработки и проведены экспериментальные опыты в лабораторных условиях по выщелачиванию урана Северный Харасан.

В работе подробно освещены геологические особенности участка «Северный Харасан», основные причины выхода из строя технологических скважин, виды РВР (ремонтно-восстановительные работы) и новый метод ремонтно-восстановительных работ «Установка химической обработки фильтровой части скважин» применяемый на руднике «Харасан-2».

Основных причин снижения пропускной способности технологических скважин является увеличение гидравлических сопротивлений, виде разбухание глин и снижение фильтрационных характеристик пласта за счет образования химической коагуляции. Чтобы совершенствовать отработку в качестве окислителя в различных режимах кислотности рабочих растворов применяли хлорид железа (III) и в РВР был задействован установка химической обработки фильтровой части скважин установка.

Данный метод показал хорошие результаты. При проведении данного вида РВР не теряется качество обработки скважин, то есть не уменьшается межремонтный цикл. Кроме описанного прямого экономического эффекта данный метод является более экологичным, по сравнению с другими методами РВР, это обусловлено тем, что при нем не применяется дизельное топливо, соответственно отсутствуют прямые выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу. И если даже гипотетически представить, что все оборудование для РВР переведут на электропривод, то и в этом случае пневмо-прокачка окажется менее энергоемким и более экологичным, т.к. расходует значительно меньше энергии и не требует использования реагентов.

## Оценка работы

Рецензент считает, что магистерская диссертация Казанбаев Жанболата Сейтхановича отвечает всем требованиям, выполнена на основании собственных материалов, накопленных в процессе работы на месторождении Мынкудук, а ее автор заслуживает оценки отлично (96%) и присуждения ему академической степени магистра техники и технологии по специальности 7М07206 - - Геология и разведка урановых месторождений полезных ископаемых/Геохимия.

### Рецензент

Научный сотрудник

ТОО «Институт геологических науким.

К.И.Сатпаева» PhD доктор

Тогизов К.С

«27» 03 2021 г.



## 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:** Казанбаев Жанболат Сейтханович

**Название:** Геотехнологические особенности сложных участков и совершенствование их отработки на примере Северный Харасан.doc

**Координатор:** Акниет Байбоз

**Коэффициент подобия 1:0**

**Коэффициент подобия 2:0**

**Замена букв:** 4654

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

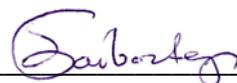
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности 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:**

Обоснование: Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. Обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными. В связи с этим, признано работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией

27.03.2021

Дата



Подпись

научного руководителя

**Протокол анализа Отчета подобия  
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Казанбаев Жанболат Сейтханович

**Название:** Геотехнологические особенности сложных участков и совершенствование их отработки на примере Северный Харасан.doc

**Координатор:** Акниет Байбоз Раббимулы

**Коэффициент подобия 1:0**

**Коэффициент подобия 2:0**

**Замена букв:**4654

**Интервалы:**0

**Микропробелы:**0

**Белые знаки:**0

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения 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:

Диссертация составлена самостоятельно, признаков плагиата не обнаружено.....

.....  
.....  
.....  
.....

Дата  
кафедрой / 29.03.2021

Подпись заведующего



начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

.....  
... Диссертация допущена к защите.....

.....  
.....  
.....

.....  
.....  
Дата  
кафедрой / 29.03.2021

Подпись заведующего



начальника структурного подразделения

Международная научно-практическая конференция  
**«Научно-практические исследования»**  
(дата проведения – 16.02.2021)

# СЕРТИФИКАТ

Казанбаев Жанболат

Доклад на тему:

**Особенности литолого-петрофизических свойств  
рудовмещающих пород и влияние их на процессы  
выщелачивания на месторождении северный харасан**

Сертификат подтверждает участие в конференции и  
публикацию статьи в периодическом издании  
«Научно-практические исследования», № 2-5 (37), 2021

Научный руководитель – **М.М.Асанов, кафедры ГСПИРМПИ Satbayev University,  
Казахстан г. Алматы**

Руководитель WEEQLY.RU



*В.А. Соловьёв* / В.А. Соловьёв /

1028

#

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

**Казанбаев Жанболат Сейтханович**

Магистранта, обучающегося по образовательной программе «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых»,  
кафедры Геологическая съемка, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых, Института Геологии и Нефтегазового  
дела им. К.Турысова

Казахского Национального Исследовательского Технического Университета им. К.И. Сатпаева

№ по п/п	Наименование	Форма работы	Выходные данные	Объем	Соавторы
1	2	3	4	5	6
<b>Публикации в научных журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки</b>					
1	Особенности литолого-петрофизических свойств рудовмещающих пород и влияние их на процессы выщелачивания на месторождении Северный Харасан	Статья	«Научно-практические исследования» № 2-5 (37), 2021 Секция: «Научные исследования и инновации в геологоразведке –ключ к эффективному восполнению минерально-сырьевой базы РК»	4 страниц	Научный руководитель – М.М.Асанов, канд.геол-минерал.наук, ассоциированный профессор

«27» марта 2021 года

Автор

Казанбаев Ж.С.

Заверяю:  
Директор ИГНГД

Рысбеков К.Б.

Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ

Бекботаева А.А.